ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 72 SONNABEND, 7. JULI 1928 Nr. 27

2 C 1+1 C 2-Gelenklokomotive „Garrat-Union" für Südafrika

Erbaut von I. A. Maffei, A.-G., München

Von Oberingenieur G. Ludwig, München

(Hierzu Tafel 4)

Das Leistungsprogramm der Lokomotive. — Die wesentlichen Merkmale der neuen Bauart, als „Garrat-Union" bezeichnet. — Beschreibung von Einzelheiten: Unterbringung der Wasservorräte und mechanische Rostbeschickung.

Der sich von Jahr zu Jahr gewaltig steigernde Verkehr auf den Bahnen der Südafrikanischen Union stellt mit Rücksicht auf die 1067 mm-Schmalspur an die dortige Bahnverwaltung in der Beschaffung von entsprechenden Fahrzeugen sehr hohe Anforderungen. Wenn daher die ersten Eisenbahnbauer in Südafrika die ungeheure Entwicklung des Verkehrs in diesem Lande, namentlich in den letzten 20 Jahren, vorausgesehen hätten, so würden sie sicher eine breitere Spurweite gewählt haben.

Trotz der Grenzen, die diese geringe Spurweite notwendigerweise dem Bau von schweren Fahrzeugen zieht, haben die südafrikanischen Lokomotiven eine Leistungsfähigkeit erreicht, die kaum in Europa übertroffen wird. Versuche mit Garrat-Lokomotiven haben in dieser Hinsicht am meisten befriedigt; so haben 1927 die Südafrikanischen Eisenbahnen einen größeren Auftrag dieser Bauart an deutsche Unternehmen vergeben.

Die schwersten und größten dieser Lokomotiven stellen die 2 C 1 + 1 C 2-Lokomotiven, Abb. 1 bis 6 auf Tafel 4, dar, die der J. A. Maffei A.-G. in Auftrag gegeben wurden, nachdem diese Firma bereits im Frühjahr 1927 zehn schwere Gelenklokomotiven der Gattung 1 C 1 + 1 C 1 nach eigenen Entwürfen für die Südafrikanischen Bahnen abgeliefert hatte. Während die 1 C 1 + 1 C 1-Lokomotiven hauptsächlich für die Beförderung von schweren Güterzügen bestimmt sind, sollen die 2 C 1 + 1 C 2-Lokomotiven der Beförderung von schweren Schnell- und Personenzügen auf der Strecke Kapstadt-Kimberley dienen. Diese Strecke hat zahlreiche Gleiskrümmungen mit kleinsten Halbmessern von 90 m und weist viele lange Steigungen von 1 : 66 auf.

Die verlangte Leistung der Lokomotive bedingte die Anordnung von sechs Treibachsen und einen Kessel mit großer Heiz- und Rostfläche, somit auch einen beträchtlichen Durchmesser des Langkessels. Die scharfen Krümmungen sowie die geringe Spurweite standen aber der Anordnung eines weiten Radstandes sowohl als einer hohen Kessellage entgegen.

Diese Verhältnisse führten zur Wahl einer Gelenklokomotive der Bauart Garrat-Union, die der Firma I. A. Maffei, A.-G., durch DRP Nr. 458 625 und Auslandpatente geschützt ist. Die Entwürfe und Ausarbeitung der Einzelheiten für diese Lokomotiven wurden unter Oberaufsicht des Beratenden Ingenieurs Elliot der Südafrikanischen Bahnen durchgeführt.

Hauptkonstruktionszahlen

Spurweite	1067	mm
Kesselüberdruck	12,6	at
Zahl der Zylinder	4	
Zyl.-Dmr.	495	mm
Kolbenhub	660	,,
Triebrad-Dmr.	1523	,,
Laufrad-Dmr.	762	,,
Zugkraft 0,75 p	20 200	kg
Heizfläche der Feuerbüchse, feuerberührt	20,42	m²
Heizfläche der Siede- und Rauchrohre	200,36	,,
Überhitzerfläche	76,55	,,
Gesamtheizfläche, feuerberührt	299,33	,,
Rostfläche	5,52	,,
Leergewicht	137,7	t
Reibungsgewicht	112,0	,,
Dienstgewicht	187,5	,,
Größter Achsdruck der Kuppelachsen	18,5	,,
Drehzapfenabstand	12 051	mm
Fester Radstand	3 276	,,
Gesamtradstand	23 342	,,
Größte Länge der Lokomotive	25 907	,,
Größte Breite der Lokomotive	3 028	,,
Größte Höhe der Lokomotive	3 947	,,
Wasservorrat	27,3	m³
Brennstoffvorrat	13,5	t

Gesamtanordnung und Kurvenbeweglichkeit der Lokomotive

Die Lokomotive besteht aus zwei völlig voneinander unabhängigen Treibgestellen mit je zwei Hochdruckzylindern. Auf die Treibgestelle stützt sich der als Längsträger ausgebildete Hauptrahmen, der den Kessel, das Führerhaus mit dem Kohlenkasten und den unteren Wasserkasten trägt. Die Treibgestelle schwingen um kräftige, in Stahlguß ausgebildete Drehzapfen, die mit dem Hauptrahmen verbunden sind und können sich daher auch in den schärfsten Krümmungen trotz der großen Gesamtlänge der Lokomotive richtig und zwanglos einstellen.

Der Hauptrahmen ruht auf dem vorderen Fahrgestell mit einem kräftig ausgebildeten Kugelzapfen, Abb. 1 und 4, Tafel 4, der in diesem Falle zugleich den Dreh- und Stützzapfen bildet und das anteilige Gewicht von Kessel und oberem Rahmen auf das Fahrgestell überträgt. Der Zapfen ist kugelförmig, damit sich das vordere Fahrgestell gegen den Hauptrahmen nach allen Richtungen hin frei einstellen kann. Am hinteren Fahrgestell dagegen sind zu beiden Seiten Längsträger mit Stützzapfen angeordnet, auf denen der Kesselrahmen mit seinen Gleitschuhen ruht.

Der hintere Drehzapfen, Abb. 1 und 5, Tafel 4, ist hier völlig unbelastet und dient neben seiner Beanspruchung als reiner Drehzapfen nur der Übertragung der Zugkräfte. Um auch dem hinteren Fahrgestell eine gewisse Verstellung in der Senkrechten gegenüber dem Kesselrahmen zu gestatten, wie es z. B. bei Gefällbruch notwendig ist, wurde dessen Drehzapfen mit einem kugeligen Ring umgeben, der in einem entsprechenden Lager der Stahlgußverbindung im Rahmen des hinteren Fahrgestells liegt.

Die Oberflächen der seitlichen Stützzapfen, Abb. 6, Tafel 4, in denen der Hauptrahmen mit seinen Gleitschuhen ruht, sind ebenfalls kugelig ausgebildet. Der Hauptrahmen ist also in drei Punkten unterstützt, und die Lokomotive kann sich ohne besondere Beanspruchung der Tragfedern allen Gleisunebenheiten und Verwindungen in Kurven anschmiegen.

Diese Anordnung bedeutet eine grundsätzliche Abweichung von der bisherigen Garrat-Bauart. Bei der reinen Garrat-Lokomotive stützt sich nämlich der Kesselrahmen, an beiden Enden mit großen flachen Stützzapfen, die zugleich Drehzapfen sind, auf die Treibgestellrahmen. Sie lassen also außer der Drehbewegung keine Veränderung der Längs- oder Querbewegung der Treibgestelle gegenüber dem Kesselrahmen zu.

Die beiden Fahrgestelle der „Garrat-Union“ sind so weit auseinandergerückt, daß fast der ganze Kessel dazwischen zu liegen kommt. Da sich infolgedessen weder Räder noch sonstige Triebwerkteile unter dem Kessel befinden, können Feuerbüchse, Rost und Aschenkasten, soweit es das Bauprofil zuläßt, auch in der Breite reichlich bemessen werden. Ebenso kann man den Kesseldurchmesser und die Höhenlage des Langkessels ganz den jeweiligen Verhältnissen entsprechend ausbilden, was besonders bei der hier vorliegenden Kapspur von großer Wichtigkeit ist.

Da der freiliegende Aschenkasten eine gute und gleichmäßige Luftzufuhr zu allen Teilen der Rostoberfläche gestattet, anderseits der Langkessel so gestaltet werden kann, daß sich eine große Anzahl nicht zu langer Heizröhren unterbringen läßt, ist die Dampferzeugung des Kessels dieser Lokomotivbauart, wie die Betriebserfahrungen ergeben haben, als sehr gut zu bezeichnen.

Der Hauptwasserbehälter ist auf dem vorderen Drehgestell, frei vom Hauptrahmen, untergebracht, ein zweiter Behälter ist unter dem Kessel angeordnet. Einen kleineren Wasservorrat und den Kohlenbunker trägt der nach hinten über seinen Unterstützungspunkt hinaus verlängerte Kesselrahmen. Die erforderliche große Rostfläche und die Raumverhältnisse des Führerstandes veranlaßten die Wahl der mechanischen Rostbeschickung an Stelle der Beschickung mit der Hand. Sie ist von der Art der Stokers und wird weiter unten beschrieben.

Die Fahrgestelle haben die Achsenanordnung 2 C 1, und zwar sind ihre Drehgestelle den äußeren Maschinenenden und die Laufachsen der Maschinenmitte zugekehrt. Die Achsstände und alle wesentlichen Triebwerkteile sind bei beiden Fahrgestellen vollkommen gleich ausgebildet. Die Rahmen sind als Barrenrahmen mit kräftigen Stahlgußversteifungen an den Drehzapfenlagern, am Pufferbalken sowie der hinteren Laufachse durchgebildet.

Die Zylinder liegen über dem Drehgestell und bilden, miteinander verschraubt, gleichzeitig die Rahmenversteifung. Diese Anordnung ermöglicht eine günstige Ausbildung der Dampfein- und Ausströmwege.

Alle drei Kuppelachsen, von denen die mittlere, die Treibachse, einen schwächer gedrehten Spurkranz hat, sind im Rahmen ohne Seitenspiel gelagert. Das Drehgestell hat eine Seitenverschiebung von 76 mm, die Laufachse eine Parallelverschiebung von 25 mm.

Der Drehgestellrahmen ist ganz aus Stahlguß, die Wiege für den Drehzapfen ist in Pendeln aufgehängt, außerdem sind zwei Blattfedern für die Rückstellung in die Mittellage angeordnet. Die Laufachse ist in einer Doppelachsbüchse aus Stahlguß gelagert.

Alle Tragfedern der gekuppelten Räder und der Laufachse liegen über den Achsbüchsen und sind durch Ausgleichhebel miteinander verbunden. Die Achsbüchsen der gekuppelten Räder sind für Fettschmierung, Bauart Franklin eingerichtet.

Als Kupplung dient eine kräftige Zentralkupplung der amerikanischen Bauart Spencer-Multon mit Gummifederung.

Der Hauptrahmen

Der Hauptrahmen besteht aus rd. 32 mm dicken Blechen mit kräftigen Winkeleisen und ist an den Enden durch Stahlguß-Querverbindungen versteift, die zugleich als Drehzapfen ausgebildet sind. Um eine günstige Verteilung des Gewichtes auf die einzelnen Achsen zu erreichen, ist das hintere Drehzapfenlager als kräftiger Querträger über die Rahmenschilde hinaus verlängert; ein weiterer, ebenfalls über den Rahmen verlängerter Querträger liegt zwischen der ersten und zweiten Kuppelachse, s. Abb. 5 und 6, Tafel 4. Beide Träger sind an den Enden durch Stahlgußbrücken verbunden, die ihrerseits die Gleitflächen mit den kugelig ausgebildeten Pfannen für die Abstützung des Kesselrahmens tragen. Hierdurch ist, unabhängig von der Lage des Drehzapfens, die Möglichkeit gegeben, die Auflagepunkte des Hintergestelles an die für eine gleichmäßige Lastverteilung günstigste Stelle zu verlegen.

Die Verlängerung des Kesselrahmens über seine Auflagepunkte hinaus zwecks Aufnahme des Kohlenbehälters wurde gewählt, um eine Gelenkverbindung in der Förderrinne der Beschickeinrichtung zu vermeiden.

Diese Anordnung ist das wesentliche Merkmal der neuen Maffei-Lokomotive, die zum Unterschied von der reinen Garrat-Bauart mit Garrat-Union bezeichnet wird.

Der Kessel

Der Kessel ist von normaler Bauart mit rundem Feuerkasten, die innere Feuerbüchse besteht aus amerikanischen Stahlblechen. Die äußere Stehkesseldecke ist geneigt, um den erforderlichen Raum für die Anordnung der Armaturen innerhalb des zulässigen Profils zu erhalten. Die Feuerbüchsdecke ist ebenfalls geneigt und mit Deckenankern mit dem Außenkessel verbunden, die vorderen drei Reihen sind beweglich. Die Stehbolzen aus amerikanischem, zähem Stahl sind zum größten Teil als „Tate“-Kugelstehbolzen ausgeführt.

Der Langkessel besteht aus zwei Schüssen, die Rauchkammer ist im unteren vorderen Teil abgeflacht, um Platz für die darunter liegenden Räder und Tragfedern des vorderen Fahrgestelles zu erhalten. Der ganze Kessel hat Blauasbestmatten als Schutz gegen Wärmeverlust erhalten. Schmidtscher Überhitzer und „Stirling“-Dampfsammelkasten mit Luftsaugeventil sind eingebaut. Die Überhitzerröhren sind mit kugeligen Dichtungsflächen nach amerikanischem Vorbild am Dampfsammelkasten angeschlossen.

In der Feuerbüchse sind vier Wasserumlaufrohre angeordnet, die gleichzeitig das Feuergewölbe tragen. Der mittlere Teil des Rostes ist als Schüttelrost mit Fingerroststäben ausgebildet, während sich am vorderen und hinteren Teil je ein Kipprost befindet. Der Schüttelrost wird mittels Hebelwerkes durch einen kleinen Dampfzylinder bewegt, dessen Steuerhahn im Führerstand seitlich am Kessel sitzt. Neben einer reichlichen Anzahl von Waschbolzen und Reinigungsluken sind an den vorderen Feuerbüchsseiten Wasserablaßschieber, Bauart „Everlasting“ angebracht. Die gesamte Armatur an der Stehkesselrückwand ist aus Abb. 7 ersichtlich. Der im Dampfdom sitzende Regler ist als entlasteter Ventilregler ausgebildet. Der Dampfentnahmestutzen auf dem Kessel vor dem Führerhaus trägt die verschiedenen Ventile, deren Ventilspindeln durch die Hausvorderwand geführt sind und mittels Handräder vom Führerstand bedient werden können. Das Kesselspeiseventil, Bauart Sellers, ist hinter dem Dampfdom oben auf dem Kessel angebracht. Die Sicherheitsventile für den Kessel sind nach Bauart Popp-Coale ausgeführt.

Von den allgemein üblichen Teilen der Kesselausrüstung sind noch zu erwähnen: zwei Wasserstandanzeiger mit Selbstschluß bei Glasbruch, Patent Dewrance, zwei Restarting-Injektoren, System Gresham & Graven, ein Abschäumventil, ein Parry Rußausbläser, ein kombinierter Ejektor „Super-Dreadnought“ mit Dampfbremsventil.

Ferner sind zwei Detroit-Schmiervorrichtungen vorgesehen zum Schmieren der Kolben, Schieber und der Stoker-Einrichtung. Sämtliche Ventile zum Betätigen der mechanischen Feuerung sitzen an der Stehkesselrückwand.

In der Rauchkammer ist das Blasrohr tief gesetzt und der Schornstein nach innen verlängert. Der Funkenfänger besteht aus gelochten Blechen.

Je eine gesonderte Dampfzuleitung führt vom Dampfsammelkasten zu den Zylindern der vorderen und hinteren Maschine. Die Dampfzuführungen sind durch je ein Absperrventil, das oben seitlich der Rauchkammer sitzt, für sich im Bedarfsfalle zu regeln. Das Dampfzuführrohr auf der rechten Maschinenseite tritt aus der Rauchkammer heraus und ist auf dem Fußblech der rechten Maschinenseite zur hinteren Maschine geführt, während die Ausströmleitung von der hinteren Maschine in ähnlicher Weise auf der rechten Seite zum Blasrohr zurückgeführt ist.

In der Nähe der Drehzapfen befinden sich die erforderlichen Kugelgelenke mit beweglichen Stopfbüchsen und außerdem in den Längsleitungen der Ein- und Ausströmleitungen Ausdehnungsstücke. Beide Leitungen sind sorgfältig isoliert und mit einem Blechmantel umgeben. Die Rohrführung ist trotz des geringen Abstandes der Barrenrahmen von nur 660 mm, unter Berücksichtigung der Kugelgelenke und der erforderlichen Bewegungen der Gestelle, in den Krümmungen zueinander recht praktisch ausgebildet.

Das Führerhaus, Abb. 7, wird auf der Rückseite durch den anschließenden Kohlenbunker abgeschlossen. Die oberen Teile der Seitenwände sind dem Profil entsprechend nach innen geneigt und mit Schiebefenstern versehen. Auf dem Führerhausdach sitzen zwei geräumige Lüftaufsätze.

Triebwerk

Die Dampfzylinder liegen, wie bereits erwähnt, über den Drehgestellen der Fahrgestelle und bilden, als getrennte Gußstücke durch Schrauben miteinander verbunden, die Rahmenversteifung.

Die Dampfkolben bestehen aus Gußeisen und tragen je drei Dichtungsringe. Der Körper des eingleisigen Kreuzkopfes besteht aus Stahlguß mit Sohlen aus Rotguß und eingegossenen Weißmetallspiegeln.

Als Steuerungsorgane dienen Kolbenschieber mit je vier schmalen Ringen, die steuernden Kanten bilden jedoch die Schieberkörper, die entsprechend geformt sind, um Dampfdrosselungen beim Schieberabschluß mit dem Dampfkanal möglichst zu vermeiden. Selbsttätige Umlaufventile für Leerfahrt sowie Wasserschlagventile sind vorhanden, ferner Entwässerungsventile, die mittels kleiner Dampfzylinder betätigt werden.

Das Triebwerk ist in seinen Abmessungen kräftig gehalten; Treib- und Kuppelstangen sind durchweg mit Rotgußbüchsen versehen, die für Fettschmierung, System Henry, eingerichtet sind. Nur der vordere Treibstangen-

Abb. 7
Das Führerhaus.

a Antriebmaschine der selbsttätigen Rostbeschickung
b Förderschnecken „ „ „
c Regelung der Brennstoffzufuhr
d Handrad für den Rohrreiniger
e Beobachtungsluke

Abb. 8 bis 11
Die mechanische **Rostbeschickung**. M. 1 : 40.

kopf auf der Kreuzkopfseite hat Ölschmierung. Alle Gleitbahnen und Zapfen des Triebwerks und der Steuerung sind reichlich bemessen, um die Flächendrücke und die Abnutzung gering zu halten, wie auch auf gute Schmierung aller bewegten Teile besonders Wert gelegt wurde.

Die Heusinger-Walschart-Steuerung ist in üblicher Weise durchgebildet. Die Umsteuerung erfolgt durch einen Dampfzylinder in Verbindung mit einem Ölkatarakt, der auf der rechten Maschinenseite am Längsträger des Kesselrahmens befestigt ist. Die Bewegung des Kolbens wird durch Zugstangen zur vorderen und hinteren Zwischensteuerwelle geleitet, die im Hauptrahmen gelagert sind. Verbindungsstangen mit Kugelgelenk, die in Maschinenmitte liegen, übertragen von der Zwischenwelle die Bewegung weiter auf die eigentlichen Steuerwellen der Treibgestelle. Die Steuerung ist für 80 vH Höchstfüllung entworfen.

Wasser, Brennstoff und mechanische Feuerung

Die über die Lokomotive verteilten Wasserkasten sind durch Rohrleitungen und Schläuche miteinander verbunden. Der vordere Wasserkasten ist durch ein Absperrventil vom unteren Kasten nach Bedarf zu trennen. Gespeist wird mittels Injektoren unmittelbar nur aus dem unteren Wasserkasten. Den Wasservorrat läßt eine besondere Zeigervorrichtung im Führerstand erkennen.

Eine Rohrleitung mit Anschlußkupplungen an beiden Enden der Lokomotive gestattet die Ergänzung des Wasservorrates aus einem besonders mitgeführten Wasserwagen; infolgedessen ist das Durchfahren großer und wasserarmer Strecken möglich.

Die selbsttätige Beschickeinrichtung, Bauart „Duplex Stoker Nr. 4", der amerikanischen Stoker-Company, Pittsburg, Abb. 8 bis 11[1]), wird durch eine kleine, umsteuerbare Dampfmaschine mit vier einfach wirkenden Zylindern betätigt. Die Antriebmaschine ist quer zur Lokomotivlängsachse unter dem Führerhaus untergebracht, s. a. Abb. 7, und vollkommen eingekapselt.

Die verlängerte Kurbelwelle treibt mittels Schraubenräder einerseits die Förderschnecke, die die Kohlen in ein kleines Sammelbecken unmittelbar hinter der Kesselrückwand fördert, anderseits zwei kurze schräg zueinanderstehende Schnecken an, deren Aufgabe es ist, die Kohlen aus dem Sammelbecken vor die rechts und links der Feuertür befindlichen Einlaßöffnungen zu heben. Regelbare Dampfdüsen und leicht auswechselbare gußeiserne Fächer mit entsprechend gesetzten Rippen besorgen nun das gleichmäßige Einblasen und Verteilen der Kohle über die ganze Rostfläche. Im Fördertrog angebrachte Zackenkränze zerkleinern größere Kohlenstücke, die über die Wandungen der Schnecke hinausragen.

An jedem Fahrgestell befinden sich vier Sandkästen mit Lambert-Sandstreuvorrichtung, die durch Zuführung von Kesselwasser den Sand vor die jeweils vorauslaufenden Kuppelräder spülen.

Die Lokomotive ist mit einer Dampfbremse für jedes Fahrgestell ausgerüstet, die mit je einem Bremszylinder auf das Ausgleichgestänge wirkt. Mittels Handspindelbremse wird außerdem lediglich das hintere Fahrgestell gebremst. Für die Zugbremsung befindet sich ein sogenannter „Dreadnought-Ejektor" auf der Lokomotive.

Die Lokomotive ist mit elektrischer Beleuchtung Bauart Pyle ausgerüstet. Den Strom liefert eine auf dem Hinterkessel vor dem Führerhaus aufgestellte Turbodynamo.

Die 2 C 1 + 1 C 2-Lokomotive „Garrat-Union" ist zur Zeit die schwerste und größte Lokomotive der Südafrikanischen Eisenbahnen und wird hierin auch von keiner europäischen Lokomotive übertroffen. Die Lokomotiven sind seit Monaten in Dienst gestellt und haben den an sie gestellten Anforderungen voll entsprochen. [B 1109]

[1]) Vergl. auch Z. Bd. 66 (1922) S. 903.

Abb. 2

Abb. 1 bis 6
Längsschnitt, Grundriß und Querschı

Hauptkonstruktion

Spurweite	1 067	mm	Ro
Kesselüberdruck	12,6	at	Le
Zahl der Zylinder	4		Re
Zyl.-Dmr.	495	mm	Di
Kolbenhub	660	„	Gr
Triebrad-Dmr.	1 523	„	Dr
Laufrad-Dmr.	762	„	Fe
Zugkraft (0,75 p)	20 200	kg	Ge
Heizfläche der Feuerbüchse, feuerberührt	20,42	m²	Gr
Heizfläche der Siede- und Rauchrohre	200,36	„	Gr
Überhitzerfläche	76,55	„	Gr
Gesamtheizfläche, feuerberührt	299,33	„	Wa
			Br

Ludwig: 2 C 1 + 1 C 2-Gelenklokomotive

Erbaut von I. A. Maffei, A.-

Abb. 1

Abb. 2

Ansicht in Richtung A Schnitt C-D

Abb. 3

Schnitt E-F Schnitt G-H

Abb. 4

Schnitt J-K in Richtung A gesehen Schnitt L-M in Richtung B gesehen

Abb. 5

Schnitt N-O Ansicht in Richtung B

Abb. 6

Abb. 1 bis 6
Längsschnitt, Grundriß und Querschnitte der Lokomotive.

Hauptkonstruktionszahlen:

Spurweite	1 067	mm	Rostfläche	5,52	m²
Kesselüberdruck	12,6	at	Leergewicht	137,7	t
Zahl der Zylinder	4		Reibungsgewicht	112	„
Zyl.-Dmr.	495	mm	Dienstgewicht	187,5	„
Kolbenhub	660	„	Größter Achsdruck der Kuppelachsen,	18,5	„
Triebrad-Dmr.	1 523	„	Drehzapfenabstand	12 051	mm
Laufrad-Dmr.	762	„	Fester Radstand	3 276	„
Zugkraft (0,75 p)	20 200	kg	Gesamtradstand	23 342	„
Heizfläche der Feuerbüchse, feuerberührt	20,42	m²	Größte Länge der Lokomotive	25 907	„
Heizfläche der Siede- und Rauchrohre	200,36	„	Größte Breite „ „	3 028	„
Überhitzerfläche	76,55	„	Größte Höhe „ „	3 947	„
Gesamtheizfläche, feuerberührt	299,33	„	Wasservorrat	27,3	m³
			Brennstoffvorrat	13,5	t

Ludwig: 2 C 1 + 1 C 2-Gelenklokomotive „Garrat-Union" für Südafrika

Erbaut von I. A. Maffei, A.-G., München

Röntgenforschung

Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde am 30. April 1928 in Berlin

In zunehmendem Maße gewinnen die Ergebnisse der mit Röntgenbildern arbeitenden Forschung an Bedeutung für die Technik und besonders für die metallverarbeitenden Industrien. Die Röntgenverfahren, vor wenigen Jahren noch nur dem Physiker und Kristallographen bekannt, werden mehr und mehr zur Untersuchung von Metallen und ihren Legierungen benutzt und haben bereits auch für die Praxis fruchtbare Erfolge erzielt. Aber auch heute noch wird im wesentlichen nur in wenigen wissenschaftlichen Instituten mit Röntgenaufnahmen gearbeitet. Der Ingenieur ist mit den Ergebnissen nur teilweise vertraut. Das liegt einerseits an der geschichtlichen Entwicklung und an den nicht geringen Anforderungen, die der Aufbau, die Bedienung und Instandhaltung einer Röntgenanlage bisher stellten; anderseits muß eine Röntgenaufnahme erst umständlich ausgewertet werden und ist weniger als irgend sonst ein Ergebnis physikalischer Messungen geeignet, die unmittelbare Anschauung zu fördern. So kommt es, daß die gegenseitige Anregung zwischen Praxis und dem Röntgenlaboratorium vielfach noch einer fruchtbringenden Ausgestaltung harrt.

Deshalb hatte die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde zu einer Fachtagung eingeladen, die am 30. April 1928 unter großer Beteiligung in Berlin im Langenbeck-Virchow-Haus stattfand[1]). Die Gesellschaft wollte ihren Mitgliedern und allen denen, die sonst mit Metallfragen in Berührung kommen, die Möglichkeit geben, sich über die Grundlagen dieses Forschungszweiges zu unterrichten, um in der Lage zu sein, die in der Literatur erscheinenden Arbeiten selbständig zu würdigen und selber die Möglichkeit für eine erfolgreiche Anwendung der Röntgenverfahren beurteilen zu können. Eine Reihe von Vorträgen behandelte daher die physikalischen und kristallographischen Grundlagen[2]) sowie die Geräte und Verfahren der Röntgenforschung und berichtete über die damit erreichten Ergebnisse insbesondere in der Metallkunde[3]).

Wie der Vorsitzende, J. Czochralski, in seiner Eröffnungsansprache ausführte, liegt es naturgemäß im Sinne einer solchen Veranstaltung, daß die Vortragenden sich darauf beschränken müssen, nur gesicherte und grundlegende Tatsachen zu bringen. Es war daher, wenn auch bedauerlich, so doch nicht zu vermeiden, daß von den brennenden Tagesfragen viele kaum gestreift wurden. Desgleichen war es, um den Umfang der Tagung nicht allzusehr anschwellen zu lassen, nicht möglich, das Gebiet der Röntgenschattenbilder zu behandeln[4]).

Ausstellung

Außer der wissenschaftlichen Anregung sollte auch gezeigt werden, daß die Röntgenforschung heute technisch und methodisch bereits soweit entwickelt ist, daß sie als brauchbares Werkzeug des Technikers auch außerhalb des Rahmens eines wissenschaftlichen Laboratoriums wirken kann. Diesem Zweck diente insbesondere die gleichzeitige Ausstellung von Röntgenanlagen und ihrem Zubehör. Obwohl die Ausstellung verhältnismäßig schwach beschickt war, waren doch einige bemerkenswerte Neuigkeiten zu sehen. Abb. 1 gibt eine neue Röntgenröhre von C. H. F. Müller wieder, deren Ausführung auf Anregungen der schweißtechnischen Versuchsanstalt der Reichsbahn zurückgeht. Die Strahlen erzeugt man in einem bleiummantelten luftleeren Zylinder aus Chromstahl, der beiderseits dicht mit den Glasansätzen verschmolzen ist. Da die Strahlung nur durch dünne Chromstahlfenster austreten kann, erübrigt sich der Aufbau eines kostspieligen und schwerfälligen Schutzgehäuses. Abb. 2 zeigt eine hochspannungssichere Röntgenanlage von R. Seifert, Hamburg, mit geringer Raumbeanspruchung.

[1]) Die Vorträge der Tagung und der Meinungsaustausch werden in einem Fachheft der Zeitschrift für Metallkunde veröffentlicht.

[2]) Vergl. hierzu M. Polanyi, Z. Bd. 71 (1927) S. 565.

[3]) Einen Überblick über die Anwendungen der Röntgenstrahlen gibt auch die Arbeit von G. Sachs, Z. Bd. 70 (1926) S. 1634.

[4]) Die Technik und Anwendungen von Röntgenschattenbildern behandeln C. Kantner und A. Herr, Z. Bd. 71 (1927) S. 571, u. M. v. Schwarz, Z. f. Metallkunde Bd. 19 (1927) S. 215.

RZ1657Z1

Abb. 1
Hochleistungs-Strahlenschutz-Röntgenröhre für 200 kV und 4 mA mit Wasserkühlung. Mittelteil aus Chromstahl.

Im ersten Vortrag faßte Prof. H. Mark, Ludwigshafen (an Stelle des erkrankten Prof. Glocker), die

kristallographischen Grundlagen der Röntgenmetallographie

zusammen. In Anlehnung an die geschichtliche Entwicklung behandelte er zunächst die äußeren Kennzeichen eines Kristalls: die ebenen Begrenzungsflächen, die Symmetrieerscheinungen und die Anisotropie der physikalischen Eigenschaften. Die messende Untersuchung der Kristallflächen zeigt, daß die Flächengröße schwankend und dem Zufall unterworfen ist. Dagegen zeigen die Flächen der Kristalle immer wieder die gleichen Winkel zueinander.

Die alte Kristallographie suchte für jeden Kristall ein Koordinatensystem auf, das die einfachste und zweckmäßigste Beschreibung der beobachteten Flächenmannigfaltigkeit erlaubte. Sie fand, daß mit sieben Koordinatensystemen alle beobachteten Kristalle beschrieben werden konnten, und teilte dementsprechend alle Kristalle in sieben Kristallsysteme ein. Diese Einteilung ist bis zu einem gewissen Grade willkürlich. Man kann oft einen Kristall durch verschiedene Koordinatensysteme beschreiben, wird sich aber das einfachste aussuchen. Die Kristallflächen werden durch die Verhältnisse der drei Achsabschnitte, die sie auf den drei Koordinatenachsen abschneiden, erklärt. Die üblichen Millerschen Zeiger sind die reziproken Werte der Achsabschnitte. Es zeigte sich, daß die Millerschen Zeiger aller vorkommenden Flächen kleine ganze Zahlen sind. Diese Erfahrung führte bereits vor 100 Jahren Haüy zur Hypothese des Gitteraufbaues der Kristalle.

Von der den Kristallklassen anhaftenden Willkür frei ist die Einteilung der Kristalle nach ihren Symmetrieelementen. Man spricht von Symmetrie, wenn es Richtungen gibt, die physikalisch nicht voneinander unterschieden werden können. Die Einteilung in die 32 Kristallklassen ordnet die Kristalle nach dem makroskopisch erkennbaren Symmetriegrad. Diese rein geometrische Einteilung deckt sich vollkommen mit den physikalisch beobachteten Fällen. Bereits 1890 schuf Schönfließ ohne experimentellen Anlaß, nur auf Grund der Gitterhypothese, die weiterverfeinerte Systematik der 230 Raumgruppen, indem er berücksichtigte, daß makroskopisch gleiche Kristalle sich noch durch ihren Gitteraufbau unterscheiden können. Diese Systematik wurde 22 Jahre später vollkommen bestätigt, als die v. Lauesche Entdeckung (1912) den Gitteraufbau der Untersuchung zugänglich machte. Bisher ist noch kein Kristall gefunden, der sich nicht einer der 230 Raumgruppen zuordnen ließe,

RZ1657Z2

Abb. 2
Röntgenanlage mit Schalttisch. Der Hochspannungstransformator befindet sich im Tisch, die Röntgenröhre in dem Zylinder auf dem Tisch ist von den Aufnahmegeräten umgeben.

wenn auch noch nicht für alle Raumgruppen Beispiele bekannt sind.

Den umgekehrten Weg wie die geschichtliche Entwicklung würde die folgende deduktive Ableitung der Kristalleinteilungen gehen: die Kombination der 14 im Diskontinuum möglichen Deckbewegungen ergibt 230 mögliche Raumgruppen. Diese lassen sich, wenn nur die (makroskopische) Unterscheidbarkeit im Kontinuum berücksichtigt wird, in 32 Klassen zusammenfassen. Aus dem Versuch, diese Klassen auf möglichst wenige verschiedene Koordinatensysteme zu beziehen, folgt die Einteilung in sieben Kristallsysteme. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wird vielfach der Begriff des Elementarkörpers benutzt; man erklärt ihn als den kleinsten Bereich, der bereits sämtliche Symmetrieeigenschaften des Kristalls enthält.

Über

Entstehung und Wesen der Röntgenstrahlen und ihre Wirkungsweise bei der Feinstrukturuntersuchung von Metallen

sprach gleichfalls Prof. Mark. Jeder Körper, auf den Elektronen mit genügender Geschwindigkeit aufprallen, sendet Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge aus. Man unterscheidet zwei Arten Strahlung: die charakteristische aus einzelnen Linien bestehende Strahlung und die kontinuierliche Bremsstrahlung. Über die Entstehung der charakteristischen Strahlung macht man sich folgende Vorstellung. Ein mit genügender Energie auf ein Atom auftreffendes Elektron reißt ein Elektron aus einer der inneren Schalen des Atoms heraus. Die Lücke wird durch ein Elektron aus einer der äußeren Schalen ausgefüllt. Da es von einer Schale höherer Energien nach einer niederer Energien fällt, sendet es den Energieunterschied in Form von Röntgenstrahlen aus. Da sowohl mehrere Ausgangs- wie auch Endlagen mit verschiedenen Energien möglich sind, ergibt sich eine Reihe von Energieunterschieden, entsprechend einer Strahlung mit verschiedenen Wellenlängen. Man erhält also ein Linienspektrum. Entsprechend dem verschiedenen Aufbau der Atome sind die Energieebenen, also auch die Wellenlängen, bei den verschiedenen Elementen verschieden. Und zwar wird die Strahlung um so kurzwelliger, je höher die Ordnungszahl des Elements ist.

Die Bremsstrahlung entsteht bei der regellosen Bremsung der aufprallenden Elektronen in den elektrischen Kraftfeldern im Innern der Atome. Die dabei verlorengegangene Energie wird in Form von Röntgenstrahlung ausgesandt. Da sich die Bremsvorgänge nach Zufallsgesetzen richten, entsteht ein kontinuierliches Spektrum. Je kurzwelliger die Strahlung, um so höher ist ihre Energie. Infolgedessen wird das kurzwellige Ende des Spektrums dadurch bestimmt sein, welches die größte Energie ist, die die aufprallenden Elektronen aufweisen und in Strahlung umsetzen können. Die Bewegungsenergie der Elektronen hängt aber von dem Spannungsgefälle ab, das sie durchlaufen haben. Je höher also die Spannung ist, um so kurzwelliger oder härter ist die erzeugte Strahlung.

Trifft ein Röntgenstrahl auf einen Kristall auf, so wird er nach der Braggschen Vorstellung an allen Kristallflächen gespiegelt, und zwar nicht nur an den äußeren Flächen, sondern auch an allen Netzebenen, die im Innern des Kristalls durch Gitterpunkte durchgelegt werden können. Jede Netzebenenschar gleicht also vielen parallelen, immer in gleichem Abstand hintereinanderliegenden Spiegeln, deren jeder einen Bruchteil der auftreffenden Röntgenstrahlung unter dem gleichen Winkel zurückwirft, unter dem er auftrifft. Diese von den verschiedenen Ebenen kommenden Strahlen können einander nur verstärken, wenn ihre Gangunterschiede ganzzahlige Vielfache der Wellenlänge sind.

Den verschiedenen Möglichkeiten, diese Bedingung durch experimentelle Anordnungen zu erfüllen, entsprechen die verschiedenen Röntgenverfahren. Beim Laue-Verfahren trifft ein paralleles Bündel kontinuierlicher Röntgenstrahlung (also mit veränderlicher Wellenlänge) auf den feststehenden Kristall auf. Der Reflexionswinkel ist demnach für jede Fläche festgelegt. Von den vielen auftreffenden wird nur eine bestimmte, für jede Fläche andere Wellenlänge die obige (Braggsche) Reflexionsbedingung erfüllen und reflektiert werden. Bei den andern Verfahren benutzt man die charakteristische, monochromatische Strahlung eines geeigneten Anodenmetalls und wählt den Reflexionswinkel veränderlich. Die verschiedenen Anordnungen lassen sich auf drei Verfahren zurückführen.

1. Das Braggsche Verfahren, bei dem ein paralleles Strahlenbündel auf den sich drehenden Kristall auftrifft. Im Verlauf der Drehung kommt für jede Kristallfläche ein Augenblick, wo die Reflexionsbedingung erfüllt ist.
2. Nach Seemann trifft ein konvergenter Strahl (also mit veränderlichem Winkel) auf den Kristall auf.
3. Debye und Scherrer sowie Hull ließen ein paralleles Strahlenbündel auf ein Kristallpulver auffallen.

Bei einigen günstig gelegenen Kriställchen wird dann eine bestimmte Netzebenenschar, bei anderen andere Scharen zur Reflexion kommen. Bei einem Teil der Kriställchen wird keine Netzebenenschar eine geeignete Reflexionslage einnehmen. Das Verfahren hat besondere Bedeutung für die Metallkunde, da die Metalle aus einem Haufwerk von Kriställchen bestehen und in gleicher Weise reflektieren wie ein Kristallpulver.

Aus der Geometrie des Reflexionsvorganges beim Pulververfahren folgt, daß Reflexion der Röntgenstrahlen an einer bestimmten Netzebenenschar nur erfolgen kann in Richtungen, die auf einem Kegelmantel liegen, dessen Spitze das Präparat bildet. Seine Achse verläuft parallel zum einfallenden Röntgenstrahl und der Öffnungswinkel ist viermal so groß wie der durch die Braggsche Bedingung bestimmte Reflexionswinkel. Als Schnitte der zu den verschiedenen Netzebenenscharen gehörigen Kegel mit der photographischen Platte ergeben sich Kreise verschiedenen Durchmessers. Bei der Anwendung ist umgekehrt aus der Ausmessung der Kreisdurchmesser auf der photographischen Platte das Kristallsystem des untersuchten Kristallpulvers zu bestimmen.

Die Apparate der Röntgenforschung

besprach Dr. R. Berthold, Berlin. Von den drei Teilen einer Röntgenanlage werden die Aufnahmevorrichtungen durch die vorliegenden Aufgaben bestimmt. Für die Auswahl der Röntgenröhre sind maßgebend: Weitgehende und einfache Regelbarkeit, vielseitige Verwendungsmöglichkeit, Einfachheit der Bedienung und des Aufbaues, Anschaffungs- und Betriebskosten. Ferner der Röhrendurchmesser, da die Ausnutzung der erzeugten Strahlung um so besser ist, je näher man mit der Aufnahmekamera an die Antikathode herankann. Bei der Beschaffung der Hochspannungsanlage sind ihr Aufbau und ihre Betriebsweise, der Raumbedarf, die Leistung und die Kosten sowie der Gesichtspunkt der Gefahrlosigkeit zu berücksichtigen.

Im allgemeinen sind Spannungen über 90 bis 100 kV nicht erforderlich. Beim Arbeiten mit Bremsstrahlung (Laue-Aufnahmen) wird man mit der Spannung nicht höher gehen, da sonst die sehr kurzen Wellenlängen störende Reflexe zweiter Ordnung erzeugen. Wird monochromatische Strahlung benutzt, so ist es nicht ratsam, mehr als den 2- bis 4fachen Betrag der Anregungsspannung anzusetzen, da die Intensität der Bremsstrahlung mit zunehmender Spannung stärker zunimmt als die der charakteristischen Strahlung. Durch geeignete Filterung kann man zwar den Anteil an monochromatischer Strahlung vergrößern, aber doch auf Kosten der Gesamtintensität. Die Leistung der Anlage braucht nicht allzu groß zu sein, da die Aufnahmefähigkeit der Röntgenröhren begrenzt ist. Mehr als 1000 W sind kaum erforderlich. Was die Stromart betrifft, so verhält sich der Wirkungsgrad des Umsatzes von elektrischer Energie in Röntgenstrahlenenergie bei Gleichspannung zu dem Wirkungsgrad bei gleichgerichteter Wechselspannung etwa wie 1 : 0,8 bei Bremsstrahlung und wie 1 : 0,6 bei monochromatischer Strahlung. Es wird also im allgemeinen Gleichspannung vorzuziehen sein. Sie erfordert jedoch größere und teurere Anlagen.

Röntgenröhren stellt man in vier verschiedenen Bauarten her. Die abgeschmolzene Ionenröhre dürfte für eine neuzeitliche Anlage wegen ihrer schlechten Regelbarkeit und mangelnden Vielseitigkeit kaum mehr in Betracht kommen. Dazu kommt die Notwendigkeit, dauernd die Luftleere nachzuregeln. Dagegen ist die abgeschmolzene Elektronenröhre leicht und in weiten Grenzen regelbar und einfach zu bedienen. Die Anschaffungskosten belaufen sich auf etwa 400 ℳ. Die Lebensdauer soll etwa 800 h betragen. Für technische Anlagen, wo es weniger auf Vielseitigkeit als auf stete Bereitschaft und einfache Betriebsweise ankommt, dürfte die abgeschmolzene Elektronenröhre am Platze sein. Für physikalische Laboratorien sind in vielen Fällen offene Ionen- und Elektronenröhren ratsamer. Sie erfordern allerdings die Beschaffung einer Entlüftungsanlage, jedoch werden Neuanschaffungen kaum nötig. Infolge der Möglichkeit, das Antikathodenmetall auszuwechseln, ist eine äußerst vielseitige Verwendung möglich. Die Bedienung, besonders der Elektronenröhren, erfordert jedoch ein mit Arbeiten im Unterdruck gut vertrautes Personal. Der Anschaffungspreis stellt sich einschließlich der Luftpumpenanlage auf mindestens 1000 ℳ.

Die Belastbarkeit aller Röntgenröhren ist begrenzt, da bei zu hoher Energiedichte das Antikathodenmetall schmilzt oder verdampft. Die obere Grenze der Energiedichte einer gut gekühlten Wolframanode liegt bei 60 bis 70 W/mm². Da bei der Verwendung doch nur ein schmales Strahlenbündel ausgeblendet wird, ist ein allzu großer Brennfleck zwecklos.

Bei der Aufstellung einer Röntgenanlage sind schließlich die Vorsichtsmaßregeln gegen Gefährdung des Perso-

nals durch Hochspannung und die Strahlung zu berücksichtigen. Besonders der Strahlenschutz erfordert umständliche und nicht billige Vorkehrungen. Die Frage, ob eine Sonder- oder eine Einrichtung für alle Untersuchungsverfahren vorzuziehen ist, läßt sich allgemein nicht beantworten. Ihre Beantwortung hängt von den Bedingungen des Einzelfalles ab.

Einen Überblick über die

Methoden der Diagrammauswertung

gab Prof. K. Herrmann, Berlin. Die Röntgenaufnahme liefert eine Anzahl von Reflexen an den verschiedenen Kristallflächen. Bei Aufnahmen in monochromatischem Licht kann man also aus den auf der Platte vermessenen Orten der Reflexe die zugehörigen Reflexionswinkel berechnen. Der Reflexionswinkel ist durch die Braggsche Beziehung mit der bekannten Wellenlänge des Röntgenstrahls und dem Abstand der reflektierenden parallelen Netzebenen im Kristallgitter verknüpft. Es ergibt sich also eine Reihe von Netzebenenabständen. Diese sind den passenden Netzebenen zuzuordnen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei verwickelten Gittern nicht alle Flächen zur Reflexion kommen, sondern in gesetzmäßiger, durch die Eigenart der jeweiligen Atomanordnung bedingter Weise einzelne Reflexe ausfallen. Außerdem ist das noch unbekannte Kristallgitter ebenfalls passend zu bestimmen. Es ist also meist ein zeitraubendes und umständliches Durchrechnen der verschiedenen Möglichkeiten erforderlich. Jedoch bestehen eine Anzahl von rechnerischen und zeichnerischen Verfahren, die diese Aufgabe erleichtern und abkürzen sollen. Bei geeigneter experimenteller Anordnung kann man ferner aus dem Röntgendiagramm noch einige weitere Angaben entnehmen. Beim Drehkristallverfahren läßt sich nämlich aus der Anordnung der Punkte in geraden Linien der Atomabstand parallel zur Drehachse entnehmen.

Durch drei Drehaufnahmen um drei verschiedene Kristallachsen kann man also ein zur Beschreibung des Kristallgitters geeignetes Koordinatensystem gewinnen. Bedingung ist allerdings das Vorhandensein gut ausgebildeter Kristalle, die man nach den äußeren Begrenzungsflächen parallel zur Drehachse einrichten kann. Auch hier gibt es graphische Auswertungsverfahren, deren Anwendung Herrmann an einem von ihm entworfenen Nomogramm zeigte.

In andrer Weise geht die Auswertung von Laue-Bildern vor sich. Da der Kristall bei der Aufnahme feststeht, und da die Röntgenstrahlen unter dem gleichen Winkel, unter dem sie einfallen, von den Kristallflächen reflektiert werden, ergeben sich aus der Richtung des einfallenden und der abgebeugten Strahlen sofort die gegenseitigen Lagen der Kristallflächen. Diese Bestimmung und die Deutung des Kristallsystems kann ebenfalls zeichnerisch gefördert werden. Aus dem Laue-Bild ergibt sich zwar verhältnismäßig leicht das Kristallsystem, nicht aber die absolute Größe der Atomabstände.

Der zweite Teil der Tagung war den Ergebnissen der Röntgenuntersuchung an Metallen und Legierungen gewidmet. Die Vorträge waren nach den verschiedenen Anwendungsgebieten eingeteilt. Den Bericht über

die Erforschung des Feinbaues der Metalle und Legierungen[5])

hatte Dr. F. Wever, Düsseldorf, übernommen. Von den verschiedenen Gittern kommen unter den Metallen von technischer Bedeutung nur drei verschiedene vor: das regulär-flächenzentrierte (Cu, Ag, Au, Al, Ni, γ-Fe und Pt), das regulär-raumzentrierte (α-, β-, δ-Fe, K, Na, Li, Mo und W) und das hexagonale Gitter dichtester Kugelpackung (Mg, Zn und Cd). Die drei Gitter liefern leicht zu unterscheidende und auszuwertende Röntgendiagramme. Die Verteilung der verschiedenen Gitterarten im periodischen System ist ziemlich unregelmäßig. Zwischen dem Gitterbau und der Bildsamkeit scheinen nur lose Zusammenhänge zu bestehen.

Besonders wertvoll wird die Strukturuntersuchung bei den Metallen, die Umwandlungen durchmachen. So konnten beim Eisen die Änderungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften beim A_3-Punkt auf die Umwandlung der körperzentrierten β-Modifikation in das flächenzentrierte γ-Eisen zurückgeführt werden, das seinerseits beim A_4-Punkt wieder in das raumzentrierte δ-Eisen übergeht. Dagegen ist mit der magnetischen Umwandlung beim A_2-Punkt keine Gitteränderung verbunden, was gut zu dem auch sonst merkwürdigen Charakter dieser Umwandlung paßt. Bei den Metallegierungen kann das Verfahren der Röntgenuntersuchung durch Kenntlichmachen der vorhandenen Kristallsysteme eine Vervollständigung des Zustandschaubildes liefern.

Die Strukturbestimmung bei Mischkristallen zeigte, daß es zwei Gruppen von Mischkristallen gibt: einerseits den Substitutionsmischkristall, bei dem die Atome der beiden Bestandteile regellos auf die Gitterpunkte verteilt sind. Die Gitterabmessungen ändern sich annähernd linear mit der Zusammensetzung. Auf der andern Seite stehen Mischkristalle, bei denen die Atome des gelösten Stoffes in die Gitterzwischenräume des Lösungsmittels eingesprengt sind. Das bekannteste Beispiel dürfte der Austenit, die feste Lösung des Kohlenstoffs im kubisch-flächenzentrierten γ-Eisen, darstellen. Geht das Gitter des γ-Eisens in das bei niedrigen Temperaturen beständige α-Eisen über, das keinen Kohlenstoff lösen kann, so muß sich dieser ausscheiden. Mit dieser Ausscheidung hängen die bekannten Härtungs- und andre Vorgänge bei der Wärmebehandlung des Eisens zusammen.

Während also feste Lösungen immer der Gitterart des einen Bestandteils angehören und sich nur die Abmessungen stetig ändern, treten bei Metallverbindungen andersartige und in vielen Fällen recht verwickelte Gitter auf. Neuere Untersuchungen zeigten, daß bei manchen Systemen (z. B. Au-Cu und Pd-Cu) nur bei schneller Abkühlung die früher vermutete vollkommene gegenseitige Löslichkeit vorliegt. Bei sehr langsamer Abkühlung oder bei sehr langem Anlassen entstehen dagegen bei Legierungen mit 25, 50 und 75 Atom-Hundertteilen Verbindungen mit neuen Gittern und regelmäßiger Atomverteilung.

Die Ergebnisse der Strukturuntersuchungen haben wesentlich zum Verständnis der Eigenschaften der Legierungen beigetragen. Wir stehen vielleicht nicht mehr allzu fern von den dem namentlich durch die Goldschmidtsche Systematik angestrebten Ziel, bewußt Legierungen mit gewünschten Eigenschaften aufzubauen.

Ein ganz neuer Zweig wurde der Gefügeuntersuchung dadurch erschlossen, daß die Röntgenuntersuchung zeigte, wie verschiedenartig die Richtungsanordnung der Kristalle im metallischen Werkstoff sein kann. In das wichtige Gebiet der Texturen, d. h.

Anordnung der Kristallite in Vielkristallen,

führte der Vortrag von Dr. E. Schmid, Berlin-Dahlem, (an Stelle von Prof. R. Glocker) ein. Daß es für die Eigenschaften, insbesondere die mechanischen Eigenschaften eines Metalls nicht gleichgültig sein kann, in welcher Weise die Kriställchen gelagert sind, ist nach unserer Kenntnis des einzelnen Kristalles einleuchtend. Haben doch die Untersuchungen des letzten Jahrzehnts an einzelnen Metallkristallen gezeigt, wie sehr die meisten Eigenschaften richtungsabhängig sind[6]). Wenn nun auch andre, namentlich optische Verfahren zur Bestimmung der Kristallanordnung im Haufwerk vielfach angewendet werden, so arbeitet doch das Röntgenverfahren am schnellsten, einfachsten und zuverlässigsten.

Nach der Entstehung sind die Texturen in Wachstums- und Verformungstexturen einzuteilen. Die Wachstumstexturen (Guß- und Elektrolyttextur) sind in ihrem Aufbau durch kristallographische Wachstumsgesetze bestimmt. Meist sind sie einfach in der Weise zu kennzeichnen, daß alle Kriställchen mit einer wichtigen kristallographischen Achse parallel zur Wachstumsrichtung gelagert sind. Unter Verformungstexturen sind die bei den verschiedenen Verformungsvorgängen sich ergebenden Kristallanordnungen zu verstehen. Ihre Entstehung wird verständlich, wenn auch noch nicht vollkommen geklärt, aus dem Verformungsmechanismus des einzelnen Kristalls.

Naturgemäß gehört zu jedem Verformungsvorgang eine andere Textur. Man muß also zwischen Walz-, Zieh-[7]), Stauch-[8]) und andern Texturen unterscheiden. Eine Mittelstellung nehmen die Rekristallisationstexturen[9]) ein. Beim Glühen tritt nicht nur eine Kornneubildung, sondern vielfach auch eine Umlagerung des Gefüges in eine neue, von der vorhergegangenen Verformungstextur abweichende Lage ein. Diese Rekristallisationstextur ist also wohl als eine Wachstumstextur zu bezeichnen. Anderseits ist sie in ihrem Aufbau doch durchaus bestimmt von der Vorgeschichte und also auch von der Art der vorhergegangenen Verformung. Auf Grund der Texturuntersuchungen lassen sich bereits manche Eigentümlichkeiten der Eigenschaften erklären. Es eröffnet sich hier eine neue Möglichkeit, die Eigenschaften der Werkstoffe innerhalb gewisser Grenzen willkürlich zu verändern und besonderen Anforderungen anzupassen.

[5]) Vergl. den zusammenfassenden Bericht von G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 31 und 58, mit zahlreichen Literaturangaben.

[6]) Vergl. G. Sachs, Z. Bd. 71 (1927) S. 577 und E. Schmid, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 154.

[7]) E. Schmid und G. Wassermann, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 325.

[8]) G. Sachs und E. Schiebold, Z. Bd. 69 (1925) S. 1557.

[9]) Vergl. R. Glocker und E. Kaupp, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 377; R. Glocker und H. Widmann, Z f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 41, Bd. 20 (1928) S. 129.

Eine Zusammenfassung dessen, was die

Röntgenforschung für die Praxis

leistet, gab Dr. R. Berthold in seinem zweiten Vortrag. Aus einer Röntgenaufnahme kann die Struktur, die Textur, die Korngröße und der Verfestigungszustand des untersuchten Stoffes festgestellt werden. Die Strukturuntersuchung einer Anzahl reiner Metalle zeigte, daß viele von ihnen in verschiedenen Kristallformen auftreten können. Dadurch werden die oft sehr weitgehenden Eigenschaftsänderungen bei den Umwandlungen verständlich. Bei Legierungen kann man die verschiedenen Zerfalls- und Umwandlungsvorgänge gleichfalls röntgenographisch verfolgen.

Das unter günstigen Umständen auch bei geringen Mengen mögliche Erkennen einer Kristallart erlaubt oft Aussagen über den physikalischen Zustand und die chemische Bindung in Fällen, wo die chemische Analyse und die Gefügeuntersuchung versagen. So konnten bei veredeltem Duralumin ausgeschiedene $CuAl_2$-Kristalle nachgewiesen werden[10]. Röntgenogramme geschmierter Flächen zeigten, daß sich in geringen Mengen Verbindungen des Metalls mit dem Schmiermittel bilden. Beginn und Verlauf der Rekristallisation kommen im Röntgenbild deutlich zum Ausdruck[11]. Besonders bemerkenswert ist der Einfluß der aus Röntgenaufnahmen bestimmten Kristallanordnungen (Texturen) auf die Eigenschaften von Metallen.

An einer Anzahl von Beispielen aus der Praxis zeigte Berthold, wie Unterschiede in den Festigkeitseigenschaften und der Bearbeitbarkeit[12], dem Korrosionswiderstand und den magnetischen Konstanten äußerlich nicht unterschiedener Metallproben an der Hand von Röntgenaufnahmen auf Unterschiede in der Kristallanordnung zurückgeführt werden konnten. Verhältnismäßig wenig geklärt ist der Einfluß der Kaltbearbeitung auf die Röntgeninterferenzen[13]. Möglicherweise stehen gerade auf diesem Gebiet der Forschung noch bedeutsame Erfolge bevor. Neben diesen Interferenzverfahren geht die zunehmende Anwendung von Röntgenschattenbildern zur Werkstoffprüfung im Betriebe einher. Der große Vorzug dieses Verfahrens ist, daß es erlaubt, besonders wichtige Teile, ohne sie zu zerstören, auf Fehlstellen zu prüfen.

Ziemlich unabhängig von den übrigen Gebieten hat sich die Anwendung der Röntgenstrahlen zur

Ermittlung der chemischen Zusammensetzung

entwickelt, über die Dr. P. Günther berichtete. Ähnlich wie die optischen Spektren sind auch die Röntgen-Absorptions- und Emissionsspektren für jedes Element charakteristisch. Da jedoch nach unsern Vorstellungen die Absorption und die Emission von Röntgenstrahlen in den inneren einfach aufgebauten Elektronenschalen erfolgt, sind die Gesetzmäßigkeiten der Röntgenspektren einfacher und übersichtlicher als im optischen Gebiet. Auf der gleichen Ursache beruht die praktisch vollkommene Unabhängigkeit der Röntgenspektren von der chemischen Bindung, die sich für die analytische Anwendung besonders günstig auswirkt.

Zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren sind zu unterscheiden. Beim Emissionsverfahren sendet der zu untersuchende Stoff Röntgenstrahlung aus, die in einem Spektrographen zerlegt wird. Die Vermessung der Lage der Linien ergibt die Artbestimmung der vorhandenen Elemente; ihre Intensität läßt Rückschlüsse auf die mengenmäßige Zusammensetzung zu.

Allerdings erfordert die mengenmäßige Bestimmung größte Vorsicht und Kritik bei der Aufnahme und der Auswertung, da sich allerlei störende Einflüsse geltend machen können. Insbesondre gilt das bei dem bisher üblichen Verfahren der Strahlungsanregung, bei dem der Stoff auf die Antikathode aufgebracht wird. Durch das Elektronenbombardement wird er dabei stark erhitzt, so daß während der mehrstündigen Aufnahmezeit Veränderungen der Zusammensetzung durch Verdampfen und Zerstäuben vorkommen können. Vorteilhafter dürfte es daher sein, wie neuerdings von Glocker vorgeschlagen, das Präparat durch eine auffallende primäre Röntgenstrahlung außerhalb der Röhre zur Emission anzuregen. Dabei wird freilich, da die Intensität der Sekundärstrahlung nur ein Bruchteil der auffallenden Strahlung beträgt, eine Verlängerung der Belichtungszeit auf fast die zehnfache Zeit notwendig.

Bisher benutzte man zur mengenmäßigen Analyse meist das Absorptionsverfahren. In einem kontinuierlichen Spektrum tritt an einer für das absorbierende Element kennzeichnenden Stelle ein Intensitätssprung auf. Die Größe dieses Sprunges steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Menge des Elements. Die chemische Analyse mittels Röntgenstrahlen ist heute der optischen Spektralanalyse im allgemeinen gleichwertig, in vielen Fällen überlegen. Unter günstigen Umständen, wie z. B. bei der Bestimmung eines schweren Elementes unter lauter leichteren Bestandteilen, leistet sie das gleiche, wenn nicht mehr als die chemische Analyse. [M 1657]

Berlin-Dahlem Frhr. v. Göler

[10] E. Schmid und G. Wassermann, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 77.

[11] G. Sachs und E. Schiebold, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 400. v. Göler und Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 90.

[12] E. Seidl und E. Schiebold, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 221 und Bd. 18 (1926) S. 241.

[13] J. Czochralski, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 1; G. Sachs Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 209; v. Göler und G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 410.

Die thermische Ausdehnung von Beryllium und Aluminium-Beryllium-Legierungen

Im Bureau of Standards haben P. Hiduert und W. T. Sweeney[1] die thermische Ausdehnung von Beryllium sowie von Aluminium-Beryllium-Legierungen bei hohen und tiefen Temperaturen bestimmt. Die untersuchten Proben hatten alle eine Länge von 300 mm und 10 mm Dmr.

Das zur Verfügung stehende Beryllium (von der Beryllium Corporation of America, Cleveland, Ohio) hatte einen Reingehalt von 98,9 vH. Als Verunreinigungen waren enthalten: 0,18 vH Sc, 0,06 vH Cn, 0,90 vH Fe und 0,20 vH Mn. Die Dichte betrug 1,835. Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt; hierin ist β die lineare thermische Ausdehnungszahl, ϑ ist die Verlängerung oder die Verkürzung in mm.

Zahlentafel 1
Thermische Ausdehnung von Beryllium (98,9 vH)

Temperatur in °	$\beta\,10^6$	$\vartheta \frac{mm}{m}$
Von — 120 bis + 20	8,1	— 1,13
— 50 „ + 20	9,8	— 0,69
+ 20 „ + 100	12,3	+ 0,98
20 „ 200	13,3	+ 2,39
20 „ 300	14,0	3,92
20 „ 400	14,8	5,62
20 „ 500	15,5	7,44
20 „ 600	16,1	9,34
20 „ 700	16,8	11,42

[1] Scient. Papers of the Bur. of. Stand. Bd. 22 (1927) Nr. 565 S. 533.

Das Beryllium hat also eine erheblich kleinere thermische Ausdehnungszahl als die ihm verwandten Metalle Magnesium, Zink und Cadmium.

Zahlentafel 2
Thermische Ausdehnung von Aluminium-Beryllium-Legierungen

Beryllium vH	$\beta\,10^6$ zwischen 20 und 100°	zwischen 20 und 200°	zwischen 20 und 300°	zwischen 20 und 400°	zwischen 20 und 500°
4,2	22,2	23,2	24,4	25,1	26,5
10,1	21,4	22,5	23,3	24,1	25,4
18,6	20,0	20,8	22,1	23,0	24,0
27,5	18,8	19,8	21,1	22,0	23,0
32,7	17,9	19,2	20,6	21,3	22,3

Was nun die thermische Ausdehnung der Aluminium-Beryllium-Legierungen betrifft, so hat man fünf Legierungen mit 4 bis 32 vH Beryllium untersucht. Trägt man die Ausdehnungszahlen in Abhängigkeit vom Berylliumgehalt auf, so nimmt β mit steigendem Berylliumzusatz nahezu linear ab. Dies stimmt auch mit den Gesetzen der thermischen Ausdehnung überein[2], da auf Grund des Zustandschaubildes von Österheld[3] fast über das ganze Konzentrationsgebiet ein mechanisches Gemenge der beiden Komponenten vorliegt. Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 2 angegeben. [N 1695]

Berlin A. Schulze

[2] Vergl. A. Schulze, Die thermische Ausdehnung in Guertlers Handbuch der Metallographie S. 181.

[3] Zeitschr. f. angew. Chem. Bd. 97 (1916) S. 1.

Ein Windsichtverfahren zur Bestimmung der Kornzusammensetzung staubförmiger Stoffe

Von Dr. H. W. Gonell

Mitteilungen aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem[1])

Die gebräuchlichsten Verfahren und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit: Siebung, optisches Verfahren, Schlämmung und Absetzverfahren (Sedimentation), Windsichtung. — Beschreibung eines neuen Windsichters. — Versuchsergebnisse mit Zementmehl, Kohlenstaub und Wolframpulver. — Anwendungsgebiete.

Die Bestimmung der Kornzusammensetzung natürlicher und künstlicher staubförmiger Stoffe[2]) erlangt eine ständig steigende Bedeutung. Die Bewertung von Zement, Kohlenstaub, Ton, Farbstoffen, Metallpulver, Füllstoffen für Kautschuk usw. ist wesentlich durch die Kornfeinheit bedingt. Anderseits ist die Bestimmung der Kornfeinheit auch die Grundlage zur Beurteilung des Wirkungsgrades von Mahlanlagen.

Im folgenden sollen die verschiedenen bisher angewandten Verfahren zur Bestimmung der Kornzusammensetzung kurz gekennzeichnet werden. Im Anschluß daran wird ein neues Verfahren beschrieben[3]).

Gebräuchliche Verfahren

Siebung

Das nächstliegende Verfahren zur Ermittlung der Kornzusammensetzung eines pulverförmigen Stoffes ist das Sieben auf einem Sieb bekannter Maschenweite. Man zerlegt so einen Staub in zwei Anteile, über deren Kornzusammensetzung allerdings durch das Sieben noch nichts bekannt ist. Hierzu sind weitere Siebungen auf Sieben anderer Maschenweite erforderlich[4]). Einen anschaulichen Überblick über das Ergebnis einer Siebanalyse erhält man, wenn man die Gesamtrückstände auf den Sieben in vH in Abhängigkeit von der Maschenweite aufträgt[5]). Unter Gesamtrückstand ist dabei die Menge des Siebgutes verstanden, die zurückbleibt, wenn man das Mehl nur auf diesem Siebe siebt. Die so erhaltenen Linien sind kennzeichnend für die Mahlfeinheit des Staubes („Kennlinien").

Mehle, die ohne Rückstand durch das 10 000-Maschen-Sieb hindurchgehen, können durch Siebanalyse überhaupt nicht miteinander verglichen werden. Auch bei Mehlen mit sehr hohem Durchgang durch 10 000 Maschen ist die Bewertung der Feinheit nach der Siebanalyse unzuverlässig. Es sind zwar neuerdings noch Siebe mit 12 000 und 16 000 Maschen hergestellt worden (54,5 und 47,5 μ Maschenweite). Die deutschen Normen sehen indessen nur Siebe bis zu 10 000 Maschen (60 μ Maschenweite) vor. Schon für diese Siebe müssen die höchsten Anforderungen an die Genauigkeit der Herstellung gestellt werden. Da ferner von den Normen zugelassen ist, daß 6 vH aller Maschen 5 vH mittlere Abweichung vom normenmäßigen Maß aufweisen, wobei Höchstabweichungen von 30 vH vorkommen dürfen, so erscheint es zwecklos, Siebe mit so nahe aneinanderliegenden Maschenweiten zu verwenden, wie z. B. das 12 000- und das 10 000-Maschen-Sieb. Hinzukommt, daß die Siebzeit, wie Förderreuther[6]) berechnet hat, mit zunehmender Siebfeinheit außerordentlich stark ansteigt; sie würde z. B. bei Handsiebung mit dem 15 000-Maschen-Sieb 67 bis 115 min betragen. Auch ist anzunehmen, daß die lange Siebzeit einen erhöhten Abrieb bewirkt. Die Schwierigkeiten, die schon beim 10 000-Maschen-Sieb auftreten, wie Verstopfung der Maschen, Neigung zu Klumpenbildung usw., würden bei feineren Geweben noch um ein Vielfaches steigen.

Für die Bestimmung der Kornzusammensetzung feinster Mehle müssen somit andre Verfahren herangezogen werden, und zwar werden optische Verfahren, Schlämmverfahren, Absetzverfahren (Sedimentation) und Windsichtung angewendet.

Optisches Verfahren

Die Bestimmung der Kornzusammensetzung durch Auszählung unter dem Mikroskop[7]) ist stets sehr unsicher, da man jeweils nur eine sehr geringe Menge untersuchen kann. Zur Erzielung einigermaßen zuverlässiger Ergebnisse ist jedenfalls eine große Anzahl von Parallelversuchen erforderlich, was außerordentlich zeitraubend und ermüdend ist.

Schlämmung und Absetzverfahren (Sedimentation)

Die Verfahren der Schlämmung und des Absetzens[8]) können insofern gemeinsam behandelt werden, als sie beide auf der Fallgeschwindigkeit der Teilchen in einer Flüssigkeit beruhen. Nach Stokes[9]) gilt für die Bewegung kleiner kugelförmiger Teilchen in einem flüssigen oder gasförmigen Stoff unter dem Einfluß der Schwerkraft die Formel

$$v = \frac{2}{9}\varrho^2 \frac{S-s}{\eta} g,$$

worin ϱ der Halbmesser der Teilchen, S das spezifische Gewicht der Teilchen, s das spezifische Gewicht des Gases oder der Flüssigkeit, η der Reibungswiderstand und g die Erdbeschleunigung ist. Die Grenzen der Korngrößen, für die das Gesetz noch Gültigkeit hat, werden verschieden angegeben. Man kann annehmen, daß es für Teilchen vom Halbmesser 1 bis 100 μ zutrifft und demnach jedenfalls in dem nicht siebbaren Größenbereich unterhalb 60 μ bis zu einer gewissen unteren Grenze noch zuverlässig ist[10]). Allerdings gilt die Stokessche Formel, genau genommen, nur für kugelförmige Teilchen. Trotzdem ist die Formel in allen Fällen verwendbar, in denen sich die Teilchen der Kugelform einigermaßen nähern. Sind die Teilchen z. B. blattförmig, wie Metallstaub aus Pochwerken und Glimmer, oder faserig, wie bei Holzmehl, so ist eine Berechnung der

---

[1]) Prof. H. Burchartz bin ich für sein reges Interesse und die Förderung der Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet. Der Verein deutscher Ingenieure ermöglichte die Durchführung der Arbeit durch Bewilligung der Mittel zur Anschaffung der notwendigen Apparate, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.

[2]) Vielfach wird für staubförmige Erzeugnisse der Technik die Bezeichnung „Staub" angewandt. Mit dem Begriff Staub ist jedoch nach allgemeinem Sprachgebrauch der Begriff des Lästigen, Schädlichen unmittelbar verbunden. Es sollten daher nur die durch Naturgewalten, gewerbliche Tätigkeit, Straßenverkehr oder auf andere Weise als Abfall entstehenden staubförmigen Stoffe als „Staub" bezeichnet werden (natürlicher Staub, Gewerbestaub, Straßenstaub vergl. Meldau, Der Industriestaub, Berlin 1926). Zweckbewußt erzeugte staubförmige Stoffe sind dagegen zum Unterschied von dem lästigen Zufallsprodukt „Staub", ihrer Herstellung entsprechend zu bezeichnen, also durch Vermahlung gewonnene als „Mehle", durch Zerstäubung, auf chemischem Wege oder auf andere Weise erzeugte als „Pulver". Für ein technisches Mehl, den Kohlenstaub, hat sich allerdings die Bezeichnung „Staub" so eingebürgert, daß auch in der vorliegenden Arbeit die Bezeichnung Kohlenstaub beibehalten wurde, um nicht anderen Stellen vorzugreifen. Das Kohlensyndikat verwendet neuerdings die Bezeichnung „Brennmehl".

[3]) Infolge Raummangels bin ich gezwungen, die geschichtliche Einleitung auf ein Mindestmaß zu beschränken und nur die wichtigste Literatur anzuführen. Aus dem gleichen Grunde kann ich im zweiten Teil nur eine Auswahl der zahlreichen Versuchsergebnisse geben. Eine vollständige Zusammenstellung der Versuchsergebnisse soll an anderer Stelle veröffentlicht werden.

[4]) Vergl. H. Burchartz: Siebversuche, Erste Berichtfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates und Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) S. 9.

[5]) Rosin-Rammler: Feinheit und Struktur des Kohlenstaubes unter dem Einfluß von Mühlen- und Kohlenart. Fünfte Berichtfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates, Z. Bd. 71 (1927) S. 1 und „Zement" Bd. 16 (1927) S. 871.

[6]) Achte Berichtfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates, Berlin, Februar 1927, und Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 8 (1927) S. 51.

[7]) A. Guttmann, Über die Kornfeinheit der Zemente, besonders der Eisenportlandzemente, „Zement" Bd. 15 (1920) S. 185. K. Agte, H. Schönborn, K. Schröter, Über die Bestimmung der Korngrößen von Wolframpulver, Zeitschr. f. techn. Physik, Bd. 6 (1925) S. 293. Perrott und Kinney, Journ. of the American Ceramic Soc. Bd. 6 (1923) S. 417.

[8]) R. Lorenz, Methoden zur Bestimmung der Korngröße von Füllstoffen. „Papierfabrikant Bd. 23 (1925) S. 753; Bd. 24 (1926) S. 37, 74, 91. F. Evers, Schlämmanalyse von Füllstoffen, „Kautschuk" Bd. 3 (1927) S. 70. E. P. Bauer, Die Methoden zur Bestimmung der Korngrößen von Kaolinen und Tonen, Ber. d. D. Keram. Ges. Bd. 5 (1924) S. 129. H. Harkort, Die Schlämmanalyse mit dem verbesserten Schulzeschen Schlämmapparat, ebenda Bd. 8 (1927) S. 6.

[9]) Stokes, Math. and Phys. Papers Bd. 3 (1901) S. 1.

[10]) G. Martin, Über die Theorie der Feinmahlung. Transactions of the Ceramie Soc. Bd. 26 (1926/27) S. 21. R. Meldau, Der Industriestaub S. 55. Weitere Literatur vergl. Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik, herausgeg. von Auerbach und Hort, Bd. V, S. 266 u. f., Leipzig 1927.

Fallgeschwindigkeit nach der Stokesschen Formel nicht angängig. Man bezeichnet zweckmäßig den zu einer bestimmten Fallgeschwindigkeit errechneten Halbmesser als „Äquivalenthalbmesser“, um auszudrücken, daß es sich nicht um den wahren, sondern um einen theoretischen Halbmesser handelt, den ein kugelförmiges Teilchen von gleicher Dichte und gleicher Fallgeschwindigkeit haben würde.

Man kann nun die Teilchen verschiedener Größe einmal dadurch trennen, daß man das Mehl in einem senkrecht aufsteigenden Flüssigkeitsstrom aufschlämmt, der die Teilchen mit sich führt, deren Fallgeschwindigkeit kleiner als die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit ist. Diese sogenannten Schlämmverfahren sind in der Keramik seit langem gebräuchlich. Wegen der großen erforderlichen Flüssigkeitsmengen kommt hierfür praktisch nur Leitungswasser als Flüssigkeit in Frage, weshalb Schlämmverfahren für Stoffe, die gegen Wasser empfindlich sind, überhaupt nicht anwendbar sind (z. B. für Zement). Die Verwendung von Leitungswasser bringt aber insofern Ungenauigkeiten mit sich, als sein unvermeidlicher Elektrolytgehalt leicht eine gewisse Flockenbildung hervorruft. Endlich ist das Eindampfen nach dem Schlämmen sehr umständlich.

Diese Nachteile werden vermieden bei den Sedimentationsverfahren, die mit einer begrenzten Flüssigkeitsmenge arbeiten. Bei diesen wird die Suspension in ein zylindrisches Gefäß gefüllt. In gewissen Zeitabständen wird die Menge der ausgefallenen Körner, deren Größe aus der Höhe der Flüssigkeitsäule und der Fallgeschwindigkeit (Stokessche Formel) berechenbar ist, bestimmt[11])[12]).

Indessen haftet allen diesen Verfahren ein unvermeidlicher Fehler an, insofern als die Fallhöhen der Teilchen verschieden sind und infolgedessen kleine Teilchen aus geringen Höhen sich ebenso schnell absetzen wie größere Teilchen aus größeren Höhen. Z. B. langt ein Teilchen vom Halbmesser ϱ aus der Höhe h zur gleichen Zeit am Boden an, wie ein Teilchen vom Halbmesser $\varrho/4$ aus der Höhe $h/2$.

Anders ist es bei den Absetzverfahren, bei denen die Kornzusammensetzung rechnerisch ermittelt wird. Das erste Verfahren dieser Art wurde von Sven Odén[13]) ausgearbeitet, der in die Suspension eine Wagschale hängte und die sich auf der Schale sammelnden Teilchen wog. Die Gewichtzunahme in Abhängigkeit von der Zeit läßt auf die Kornzusammensetzung schließen. Bei andern Absetzverfahren[14]) wird die Kornzusammensetzung aus der Abnahme der Dichte der Suspension während des Absetzens berechnet.

Alle Absetzverfahren haben vor dem Schlämmverfahren den Vorteil, daß sie nicht mit großen strömenden Flüssigkeitsmengen, sondern mit einer geringen Menge arbeiten. Infolgedessen kann man hier auch mit jedem Suspensionsmittel arbeiten. Verwendet man Wasser zu den Versuchen, so ist es möglich, den störenden Elektrolytgehalt durch Zugabe von Ammoniak unschädlich zu machen. Dagegen ist eine zahlenmäßige Trennung der einzelnen Kornfraktionen nicht möglich.

Stoffe, die gegen Wasser empfindlich sind, können demnach nur mittels der Sedimentationsverfahren untersucht werden. Außerdem spielen bei Verwendung flüssiger Stoffe stets okkludierte und anhängende Luftblasen eine große Rolle. Für viele Stoffe ist die Untersuchung in Flüssigkeiten überhaupt ungeeignet, z. B. für Kohlenstaub. Kohlenstaub enthält stets eine Menge Luft und hat einen gewissen Wassergehalt, der bei den Schwierigkeiten, die erfahrungsgemäß bei der Trocknung von Kohlenstaub auftreten[15]), nach der Sedimentation kaum wieder erreicht werden kann.

[11]) Vergl. a. H. Vierheller, Die Schlemmaufbereitung von Elektrokorund, „Sprechsaal“ Bd. 59 (1926) S. 113 und 128. (Qualitative Trennung verschiedener Korundkörnungen.) — Guttmann, Über die Kornfeinheit der Zemente besonders der Eisenportlandzemente, „Zement“ Bd. 15 (1926) S. 185.

[13]) Koll.-Zschr. Bd. 18 (1916) S. 45, Bd. 26 (1920) S. 100.

[14]) G. Wiegner, Landw. Versuchsstat. Bd. 91 (1918) S. 41. Wo. Ostwald und F. V. v. Hahn, Koll.-Zschr. Bd. 30 (1922) S. 62. H. Gessner, Mitt. a. d. Gebiet der Lebensmitteluntersuchung u. Hygiene (Bern) Bd. 13 (1922) S. 238; Compt. rend. (Prag), Bd. 182 (1924) S. 57; Koll.-Zschr. Bd. 38 (1926) S. 115. H. G Schurecht, Journ. Amer. Ceram. Soc., Bd. 4 (1921) S. 812. Kühl und Tokune, „Zement“ Bd. 17 (1928) S. 256 und 299.

[15]) Vergl. H. Brecht, Zehnte Berichtsfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates.

Windsichtung

Alle die genannten Übelstände vermeidet man bei der Windsichtung, d. h. wenn man statt einer Flüssigkeit ein gasförmiges Mittel (Luft) verwendet. Während bei den Schlämm- und Sedimentationsverfahren für zuverlässige Versuche eine gleichbleibende Temperatur von großer Wichtigkeit ist, genügt es bei der Windsichtung, wenn die Versuche stets im Bereich der normalen Zimmertemperatur ausgeführt werden. Da der Reibungswiderstand der Gase etwa 100 mal kleiner als der des Wassers ist, so sind die durch Temperaturschwankungen bedingten Änderungen bei der Berechnung der Fallgeschwindigkeit entsprechend geringer. Ebenso sind die durch Temperaturschwankungen verursachten Dichteänderungen bei Gasen unerheblich. Diese geringe Temperaturabhängigkeit der Windsichtverfahren ist insofern von besonderer Bedeutung, da es in kleineren Laboratorien und im Betriebe meist praktisch unmöglich ist, einen während der langen Dauer der Schlämm- und Absetzversuche hinreichend gleichmäßig warmen Raum bereitzustellen.

Alle Windsichtverfahren mit Luft als Suspensionsmittel beruhen auf den gleichen Grundlagen wie die Schlämmverfahren. Die technischen Windsichter sollen hier außer Betracht bleiben, da sie für zahlenmäßige Laboratoriumsversuche nicht brauchbar sind.

Gary und Lindner[16]) benutzten einen Apparat, der in einem Arbeitsgange gleichzeitig vier Fraktionen liefern soll. Neuerdings von mir mit dem Apparat ausgeführte Versuche unter mikroskopischer Kontrolle der ausgeblasenen Fraktionen ergaben jedoch, daß eine auch nur annähernd zahlenmäßige Trennung der verschiedenen Korngrößen nicht möglich ist[17]). Ein von F. G. Zchakke angegebener Windsichter scheint nur für qualitative Zwecke geeignet[18]).

In einem andern von Pearson und Sligh gebauten Apparat[19]) zur Bestimmung der Kornzusammensetzung von Zementen mittels eines senkrecht aufsteigenden Luftstromes werden drei Fraktionen von 0 bis 25, 25 bis 50 und 50 bis 75 μ ausgeschieden. Versuche, die ich im Materialprüfungsamt mit einem nach Angaben von Pearson und Sligh gebauten Apparat an Mehlen ausführte, lieferten aber keine befriedigenden Ergebnisse[20]). Niedrige Strömgeschwindigkeiten, wie sie zum Abscheiden feinerer Fraktionen oder zum Sichten spezifisch leichterer Stoffe gebraucht werden, bewirkten kein ausreichendes Aufwirbeln des gesamten Mehles. Da die Düse so weit vom Boden des Blasgefäßes entfernt ist, daß sie sich über der Mehlprobe befindet und überhaupt nicht in diese eintaucht, wird bei schwachem Blasen nur die oberste Schicht der Probe in Bewegung gesetzt, während ein großer Teil des Blasgutes unberührt bleibt.

Es wurde daher versucht, den Apparat durch verschiedene Abänderungen zu verbessern. Aus diesen Versuchen ging schließlich der im folgenden beschriebene Apparat hervor[21]).

Ein neuer Windsichter

Der Apparat[22]), Abb. 1, besteht aus drei Teilen: dem zylindrischen Rohr a, dem kelchförmigen Teil b (beide aus Messing) und dem Glasansatz c, in den bei Beginn des Versuchs der zu untersuchende Stoff eingewogen wird. Der Luftstrom wird durch das fast bis auf den Boden des Glasansatzes reichende Glasrohr d eingeführt. Die Innenmaße der aneinanderstoßenden Teile müssen genau

[16]) Protokoll d. Verhandl. d. Vereins Dtsch. Portlandzementfabrikanten 1907, S. 140; Mitt. aus d. Mat.-Prüfungsamt 1906 S. 12.

[17]) Vergl. auch C. Schoch, Die Aufbereitung der Mörtelmaterialien. — Feret, 6. Kongreß f. d. Materialprüfungen der Technik Bd. 15 (1912) Mitt. Nr. 11.

[18]) „Sprechsaal“ Bd. 60 (1927) S. 668.

[19]) Technological Papers of the Bureau of Standards Nr. 48 (1915). In der Arbeit werden auch eine Anzahl anderer, aber für quantitative Zwecke nicht brauchbarer Windsichter besprochen.

[20]) Der Apparat wurde mir von Herrn Patentanwalt Dr.-Ing. Meldau, Berlin, zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle verbindlichst danke.

[21]) G. St. Perrott u. P. S. Kimney beschreiben einen ebenfalls in Abänderung des Modells von Pearson u. Sligh gebauten Apparat, mit dem sie aber keine einwandfreien Ergebnisse erhielten; vergl. Journ. of the Am. Ceramic Soc. Bd 6 (1923) S. 417.

[22]) Der Apparat steht unter Musterschutz (DRGM Nr. 1036337 Kl. 50d) und wird vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Berlin NW 21, hergestellt.

Abb. 1
Windsichter zur Bestimmung der Kornzusammensetzung

a zylindrisches Rohr
b kelchförmiger Teil
c Glasansatz
d Glasrohr
e Kegel
f Teller
g Glasglocke

übereinstimmen, da sich auf jedem Vorsprung sofort Mehl absetzen würde; *a* und *b* sind daher innen poliert, um das Haften des Staubes möglichst zu verhindern; außerdem sind mehrere Klopfer angebracht, die während des Versuches dauernd in Tätigkeit sind[23]). Die kegelige Form von *b* wurde gewählt, weil der Luftstrom auf diese Weise einen größeren Teil des Pulvers durcharbeitet und dann allmählich in den zylindrischen Teil übergeht, so daß Wirbelbildungen möglichst vermieden werden. Um zu verhindern, daß schon herausgeblasene Teilchen wieder in den Zylinder hineinfallen, ist über der oberen Öffnung von *a* in passendem Abstand ein Kegel *e* angebracht, der den austretenden Luftstrom seitwärts ablenkt. Auf dem Teller *f* steht eine Glasglocke *g*, die mit einem Abzug verbunden ist. Der größte Teil des ausgeblasenen Staubes sammelt sich auf *f*.

Messungen

Entscheidend für die Möglichkeit und den Genauigkeitsgrad einer Analyse ist ein gleichmäßiger, möglichst genau einstellbarer und in seiner Geschwindigkeit bestimmbarer Luftstrom. Dieser wurde von einer umlaufenden Zylinderöl-Luftpumpe (Bauart Pfeiffer, Wetzlar) erzeugt. Die Regelung der in den Blasapparat eintretenden Luftmenge erfolgte durch geeichte Düsen verschiedener Weite (1, 2, 3 und 4 mm Dmr.) und durch Veränderung des Druckes. Die Luftmenge wurde mit einer Gasuhr oder einem Rotameter, der Überdruck durch ein mit Wasser gefülltes Manometer gemessen.

Von dem senkrecht aufsteigenden Luftstrom werden nur die Teilchen mitgeführt, deren Fallgeschwindigkeit kleiner als die Strömgeschwindigkeit der Luft ist. Die Fallgeschwindigkeit berechnet sich nach der Stokesschen Formel; sie ist also verhältnisgleich dem Quadrat des Teilchenhalbmessers.

Da, wie weiter unten gezeigt wird, die vollständige Analyse eines Stoffes in nur einem Blasapparat meist nicht möglich ist, benutzt man zweckmäßig mehrere Apparate, deren untere Durchmesser gleich sind, so daß der Glasansatz an alle Apparate paßt. Bei meinen Versuchen benutzte ich außer dem in Abb. 1 wiedergegebenen Windsichter mit $a = 69$ mm Dmr. zwei weitere Apparate mit $a = 34{,}5$ und $a = 138$ mm Dmr.[24]).

Ist das spezifische Gewicht des zu untersuchenden Stoffes bekannt, so ist die zu jeder Korngröße gehörige Fallgeschwindigkeit nach dem Stokesschen Gesetz berechenbar. Infolge der geringen Temperaturabhängigkeit der Fallgeschwindigkeit in Gasen wurde für die Rechnung der Reibungswiderstand bei 20° ($\eta = 0{,}000\,198$) zugrundegelegt, das spezifische Gewicht der Luft entsprechend zu $s = 0{,}0013$, das praktisch vernachlässigt werden kann.

Für die verschieden großen Körner eines Kohlenstaubes vom spezifischen Gewicht $S = 1{,}4$ ergeben sich z. B. die in Zahlentafel 1 aufgeführten Fallgeschwindigkeiten.

[23]) Als Klopfer wurden starke elektrische Klingeln verwendet.

[24]) Bei gleicher strömender Luftmenge verhalten sich die Durchmesser der Blaszylinder umgekehrt wie die Durchmesser der größten abgeschiedenen Teilchen; es ist daher zweckmäßig, die Zylinderdurchmesser so zu wählen, daß sie in ganzzahligem Verhältnis zueinander stehen.

Zahlentafel 1
Fallgeschwindigkeiten von Kohlenstaub ($S = 1{,}4$) in Luft und dazugehörige Windmengen in verschiedenen Blaszylindern.

Teilchenhalbmesser ϱ μ	Fallgeschwindigkeit v cm/s	Windmenge bei Zylinderdurchmesser		
		13,8 cm cm³/s	6,9 cm cm³/s	3,45 cm cm³/s
5	0,385	57,5	14,4	
10	1,54	230	57,5	
15	3,46	516	129	
20	6,14		230	57,5
25	9,64		360	90
30	13,86		516	129
37,5	21,7			203

Sehr wichtig ist die genügende Zerstäubung des Blasgutes im Glasansatz. Der eintretende Luftstrom muß so stark sein, daß das ganze Pulver während des Versuchs in Bewegung bleibt. Hiermit ist die unterste Grenze der erforderlichen Blasgeschwindigkeit gegeben; sie liegt erfahrungsgemäß bei etwa 30 cm³/s. Man kann um so kleinere Körner erblasen, je höher das spezifische Gewicht des Stoffes ist. So ist die kleinste Korngröße bei Kohlenstaub ($S = 1{,}4$) $\varrho = 5\,\mu$, bei Zement ($S = 3{,}1$) $\varrho = 2{,}5\,\mu$ und bei Wolframstaub ($S = 19{,}1$) $\varrho = 1\,\mu$.

Die obere Grenze der Blasgeschwindigkeit wird dadurch bestimmt, daß Wirbelung im Blaszylinder vermieden werden muß. Aus der Gleichung

$$R = \frac{v\,r\,s}{\eta},$$

worin $R = 1160$ die Reynoldssche Zahl, r der Halbmesser des Rohres, s das spezifische Gewicht des Gases und η der Reibungswiderstand ist, ergibt sich die kritische Geschwindigkeit für den kleinsten der benutzten Zylinder zu 101 cm/s, für den größten zu 25,6 cm/s.

Die bei einer bestimmten Strömgeschwindigkeit ausgeblasene Menge, die „Kornfraktion", bestimmt man dadurch, daß man den Glasansatz abnimmt und zurückwiegt. Eine völlige Entfernung einer bestimmten Korngröße ist, ebenso wie bei den Schlämmverfahren, insbesondere bei den feinsten Fraktionen, auch hier nicht möglich. Stets werden noch einige kleinere Teilchen an größeren haften. Ferner entsteht durch die heftige Bewegung der Körner ein gewisser Abrieb, dessen Menge von der Härte und Sprödigkeit des Stoffes und der Versuchdauer abhängt. Man muß daher den Versuch abbrechen, wenn innerhalb einer bestimmten Zeit nur noch eine bestimmte kleine Menge ausgeblasen wird, und zwar erfahrungsgemäß innerhalb ½ h weniger als 0,5 bis 1 vH der eingewogenen Menge[25]). Die Versuchsdauer ist am längsten für die feinste Fraktion und beträgt, z. B. bei Zement, für die Fraktion $< 5\,\mu$ 8 h, bei Kohlenstaub für die Fraktion $< 10\,\mu$ 6 bis 8 h. Für die folgenden Fraktionen nimmt die Versuchsdauer dann rasch ab, so daß z. B. bei Zement die Gesamtdauer 12 h beträgt. Von $10\,\mu$ Korndurchmesser aufwärts werden die Fraktionen mit Korngrößenunterschieden von je $10\,\mu$ oder $20\,\mu$ erblasen bis zu $60\,\mu$, wo der Anschluß an die Siebanalyse erreicht wird. Ein gewisser Gehalt an grobem Korn trägt offenbar zur Beschleunigung der mengenmäßigen Abscheidung bei, insofern, als das grobe Korn etwaige Zusammenballungen feinerer Körner zerteilt. Es ist deshalb meist zweckmäßig, eine Probe des gesamten Mehles, nicht nur des Durchgangs durch das 10 000-Maschen-Sieb, zu verwenden. Diese Erscheinung steht in Übereinstimmung mit den Beobachtungen bei der Handsiebung, bei der man mit dem feinsten Sieb beginnt, da sich die feinen Körner dann nicht so leicht zusammenballen.

Ein gewisses Haften, insbesondere der feinsten Teilchen, an den Wandungen des Apparats ist unvermeidlich, vor allem im kegeligen Teil *b*. Werden jedoch die Wandungen durch Klopfen genügend erschüttert, so wird die anhaftende Menge niemals so groß, daß sie das Ergebnis wesentlich beeinflußt. Nach dem Windsichten von Kohlen-

[25]) Dies entspricht dem bei der Siebanalyse üblichen Verfahren, wonach die Siebung dann beendigt wird, wenn man in einer bestimmten Zeit nur mehr eine bestimmte kleine Menge an Durchgang erhält.

Abb. 3
Portlandzement
$< 10\,\mu$; bei Beginn der Windsichtung ausgeblasene Anteile.

Abb. 4
Portlandzement < 10; nach 2std. Blasen mit der gleichen Geschwindigkeit wie Abb. 3 übergehende Körner. Die feinsten Anteile sind bereits entfernt.

Abb. 5
Portlandzement
10 bis 20 μ.

Abb. 6
Portlandzement
20 bis 30 μ.

Abb. 7
Portlandzement
30 bis 40 μ.

Abb. 8
Portlandzement
40 bis 50 μ.

Abb. 3 bis 8
Mikroskopische Nachprüfung der Windsichtversuche an Zementmehl Z_3. Vergr. 100fach.

Abb. 2
Kennlinie für Zementmehl Z_1 (a) und Änderung des Kornanteils für 1 μ Änderung der Kantenlänge (b). Für das durch Versuch nicht bestimmte Kennlinienstück 0 bis 8 μ ist der theoretisch wahrscheinliche Verlauf gestrichelt gezeichnet.

staub wurden z. B. von den Wandungen des Zylinders insgesamt 0,06 g = 1 vH der Gesamtmenge entfernt. Wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, setzt sich der hängengebliebene Staub stets aus den feinsten Korngrößen zusammen.

Für die zeichnerische Darstellung der Kornzusammensetzung wurde zu jeder Korngröße als Abszisse die Kennlinie, d. h. der Rückstand in Gewichtshundertteilen, als Ordinate aufgetragen. Man erhält so für Stoffe, die ihrem spezifischen Gewicht nach einheitlich sind, stetige Linien, die einen übersichtlichen Vergleich der Kornzusammensetzung verschiedener Sorten ermöglichen, Abb. 13. Wenn man die Kennlinie graphisch differenziert und nunmehr die Anteile der verschiedenen Korngrößen in Abhängigkeit vom Durchmesser aufträgt, so erhält man die Mengenverteilungslinie, die augenfälliger als die Darstellung der Rückstände die Kenntnis des am meisten vertretenen Korngrößenbereiches vermittelt, Abb. 2.

Versuchsergebnisse

Zement

Es wurden vier Portlandzementsorten Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 untersucht. Bei einer gelang es, als kleinste Fraktion Körner bis zu 5 μ Dmr. zu erblasen. Bei den übrigen wurde mit der 10 μ-Fraktion begonnen, da sich bei schwachem Blasen Zusammenballungen bildeten, die auch durch Trocknen des Luftstromes mittels Schwefelsäure- und Chlorkalziumröhren nicht vermieden werden konnten. Bei stärkerem Blasen zerteilten sich die Zusammenballungen leicht. Es wurden mindestens zwei, in der Regel drei Parallelversuche gemacht. Einige Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 und 3 sowie in Abb. 2 wiedergegeben[26]). Die Fraktion 40 bis 60 μ wurde zunächst rechnerisch durch Abziehen des Rückstandes auf dem 10 000-Maschen-Sieb vom Blasrückstand der Fraktion 20 bis 40 μ ermittelt; später gelang es, auch die Fraktion 50 bis 60 μ zu erblasen. Die Abweichung vom Siebergebnis war in Anbetracht der Verschiedenheit der Untersuchungsverfahren nicht erheblich (3,2 vH); sie ist wohl vor allem auf den Abrieb zurückzuführen, der durch die lange Dauer des Blasens entstand. Nach dem Verlauf der Feinheitskennlinien zu urteilen, liegt der richtige Wert etwa in der Mitte zwischen den beiden gefundenen.

Die erblasenen Fraktionen wurden jeweils durch mikroskopische Untersuchungen auf ihre Korngröße nachgeprüft. Die Fraktionen von Z_3 sind in Abb. 3 bis 8 wiedergegeben. Man sieht, daß die Übereinstimmung zwischen berechneten und tatsächlich ausgeblasenen Korngrößen gut ist und daß zwischen den einzelnen Fraktionen kennzeichnende Unterschiede bestehen.

[26]) Auf die Wiedergabe der übrigen Versuchsergebnisse und Kennlinien, deren Einzelwerte gleich gute Übereinstimmung zeigen wie die in Zahlentafel 2 mußte leider aus Raummangel verzichtet werden.

Abb. 9
Windsichtfraktionen von Portlandzement.

Abb. 10
Steinkohlenstaub
< 20 μ
1 Teilstrich = 10 μ.

Abb. 11
Steinkohlenstaub
20 bis 40 μ
1 Teilstrich = 10 μ.

Abb. 10 bis 12
Mikroaufnahmen von Steinkohlenstaub (Westfälische Fettkohle). Vergr. 84fach.

Die zur Abscheidung der einzelnen Fraktionen erforderliche Versuchsdauer betrug für Korngröße < 5 μ 8 h, für 5 bis 10 μ und für 10 bis 20 μ je 3 h, für 20 bis 30 und 30 bis 40 μ je 2 h, für 40 bis 50 μ 1 h und für 50 bis 60 μ ½ h. Beginnt man mit der Fraktion < 10 μ, so beträgt die Blasdauer hierfür 5 h. Die Dauer des Blasens hängt also in hohem Grade von der Korngröße ab.

Schon mit bloßem Auge erkennt man die verschiedenen Zementfraktionen deutlich an der Farbe: die Farbe der feinsten Fraktion ist fast weiß, die der übrigen geht mit zunehmender Korngröße immer mehr ins schmutzig-grüne über, vergl. Abb. 9.

Die Fraktionen verschiedener Zementmehle wurden auch analytisch untersucht, wobei sich gesetzmäßige Unterschiede der chemischen Zusammensetzung ergaben, auf die an anderer Stelle eingegangen werden soll. Erwähnt sei lediglich, daß sich der weiche, leicht mahlbare Gips größtenteils in der feinsten Fraktion befindet.

Kohlenstaub

Die Versuche an Kohlenstaub wurden auf Anregung des Reichskohlenrats vorgenommen. Sie fallen in die Zeit, in der das Verfahren noch nicht vollständig durchgearbeitet war. Die Bestimmungen konnten damals nur von 20 zu 20 μ vorgenommen werden. Zur Windsichtung wurde der Durchgang durch das 10 000-Maschen-Sieb verwendet. Die Fraktionen 0 bis 20 und 20 bis 40 μ wurden durch Blasen ermittelt. Der Rückstand enthielt dann die Korngrößen 40 bis 60 μ. In der ersten Versuchsreihe wurden drei Staube untersucht, und zwar westfälische Fettkohle, sächsische Steinkohle und rheinische Braunkohle, die sämtlich nur auf einer Polysius-Rohrmühle vermahlen waren. In Abb. 10 bis 12 sind Mikroaufnahmen der drei erhaltenen Blasfraktionen vom westfälischen Fettkohlenstaub wiedergegeben; man erkennt auch hier, daß die Trennung befriedigend ist[27]).

Eine weitere Versuchsreihe wurde an einer westfälischen Steinkohle vorgenommen, die auf einer Vamicomühle auf fünf verschiedene Feinheitsgrade vermahlen war. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 4 und Abb. 13 wiedergegeben[28]). Die mit der längeren Mahldauer zunehmende Kornfeinheit läßt sich gut verfolgen. Weitere Versuche müssen ergeben, ob der annähernd geradlinige Verlauf der Kennlinien im Gebiet des feinsten Staubes richtig ist.

Da die Teilchen im Kohlenstaub viel inniger aneinander haften als im Zement, so ist eine mengenmäßige Trennung der feineren von den gröberen Kohlenstaubteilchen schwieriger und die Versuchsdauer infolgedessen länger

[27]) Die Versuchsergebnisse sind bereits von Rosin und Rammler bekannt gegeben, vergl. Fünfte Berichtfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates u. Z. Bd. 71 (1927) S. 1.

[28]) Inzwischen ist auch die Abscheidung der Fraktion < 10 μ bei mehreren Kohlenstaubsorten gelungen.

Zahlentafel 2 und 3.
Ergebnisse der Windsichtung von Zementmehlen.

Zahlentafel 2
Zementmehl Z_2.

Versuch Nr.	Gewichtsanteile bei Korngröße					
	< 5 μ vH	5 bis 10 μ vH	10 bis 20 μ vH	20 bis 40 μ vH	40 bis 60 μ vH	> 60 μ vH
1	26,0		17,6	28,2	18,4	9,8
2	16,8	15,6	16,6	25,6	13,6	11,8
3	17,4	15,2	14,6	27,2	13,0	12,6
Summe	60,2	56,8	48,8	81,0	45,0	34,2
Mittel*)	17,1	15,4	15,6	26,4	13,3	(12,2)**)

*) Mittel aus Versuch 2 und 3. Der Unterschied von Versuch 1 gegen die Versuche 2 und 3 erklärt sich daraus, daß die Abscheidung mit einem Windsichter anderen Durchmessers vorgenommen wurde.
**) Aus den übrigen Mittelwerten von 5 bis 60 μ berechnet.

Zahlentafel 3
Zementmehl Z_4.

Versuch Nr.	Gewichtsanteile bei Korngröße							Rückstand auf 10 000-Maschen-Sieb
	< 10 μ vH	10 bis 20 μ vH	20 bis 30 μ vH	30 bis 40 μ vH	40 bis 50 μ vH	50 bis 60 μ vH	> 60 μ vH	
1	28,0	17,0	12,0	12,0	9,0	9,0	13,0	—
2	30,1	14,5	12,5	11,5	9,1	9,2	13,1	—
3	29,0	15,6	10,8	12,5	8,0	7,5	16,5	—
Summe	87,1	47,1	35,3	36,0	26,1	25,7	42,6	—
Mittel	29,0	15,7	11,8	12,0	8,7	8,6	14,2	17,4

Abb. 12
Steinkohlenstaub
40 bis 60 μ
1 Teilstrich = 10 μ.

Zahlentafel 4
Mittelwerte aus Windsichterversuchen an fünf Steinkohlenstaubsorten.

Sorte	Gewichtanteile bei Korngröße		
	< 20 μ vH	20 bis 40 μ vH	40 bis 60 μ vH
S 26	29,6	28,1	28,8
S 31	27,5	25,1	32,6
S 32	23,9	21,3	28,3
S 29	23,0	21,1	22,0
S 35	4,0	10,4	15,6

als bei Zement. Die ungefähren Versuchzeiten bei der Windsichtung von Kohlenstaub betragen 6 h für Korngrößen $< 20\,\mu$ und 4 h für 20 bis 40 μ. Die Eignung von Kohlenstaub für zahlenmäßige Windsichtversuche hängt in hohem Grade von den Eigenschaften der einzelnen Staubsorten ab. Bei stark backenden Stauben sind keine befriedigenden Ergebnisse — zum mindesten in den feineren Fraktionen — zu erwarten.

Wolframpulver

Von der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung wurde für die Versuche eine Probe Wolframpulver zur Verfügung gestellt. Es gelang bei diesem sehr schweren Stoff (S = 19,1) folgende Fraktionen abzuscheiden und zu bestimmen: $< 2\,\mu$, 2 bis 5 μ, 5 bis 10 μ und 10 bis 20 μ. Da die Kornzusammensetzung des Pulvers bekannt war, so war es möglich, festzustellen, daß die im Windsichtapparat vorgenommene Bestimmung genauere Werte lieferte als die mikroskopische Auszählung sowie die Schlämm- und Sedimentationsverfahren. Abb. 14, ein Mikrolichtbild der feinsten Fraktion, zeigt, daß man mit dem Windsichter aus geeigneten Stoffen auch feinste Körnungen in größter Gleichmäßigkeit abscheiden kann[29]).

Genauigkeit und Anwendungsgebiete

In Zahlentafel 2 und 3 betrugen die Unterschiede zwischen den Einzelwerten, die bei der Sichtung erhalten wurden, im Höchstfalle rd. 3 vH der eingewogenen Menge. Sind die Abweichungen zwischen zwei Versuchen höher, so empfiehlt es sich, einen dritten Versuch zu machen. Der Mittelwert wird dann jedenfalls die wahre Kornzusammensetzung mit hinreichender Genauigkeit wiedergeben.

Um die Zuverlässigkeit des Verfahrens auch auf andre Weise zu prüfen, wurden aus abgeschiedenen Fraktionen Gemische bekannter Zusammensetzung hergestellt und dann der Windsichtung unterworfen. Die Ergebnisse zeigt Zahlentafel 5. Die Übereinstimmung zwischen Einwage und Auswage ist recht gut. Das beschriebene Windsichtverfahren ist also für die Bestimmung der Kornzusammensetzung staubförmiger Stoffe geeignet. Insbesondere wird man es für Stoffe anwenden, deren Untersuchung in Flüssigkeiten nicht möglich oder mit Schwierigkeiten verbunden ist[30]). Vor allem solche, in denen durch die Siebanalyse nichts oder nur ein kleiner Bruchteil der Fraktionen erfaßt werden kann. Auch der Wirkungsgrad verschiedener Mahlverfahren kann mit dem Windsichter nachgeprüft werden. Endlich kann man ihn auch dort benutzen, wo aus einem Mehl Fraktionen bestimmter Korngröße zur Untersuchung ihrer physikalischen oder chemischen Eigenschaften abgeschieden werden sollen. Hierfür müßte man allerdings versuchen, den Apparat für größere Mengen brauchbar zu machen. Ein weiteres Anwendungsgebiet liegt in der Trennung pulverförmiger Gemische von Stoffen annähernd gleicher Korngröße, aber verschiedenen spezifischen Gewichtes. So sind z. B. kürzlich Versuche zum Ausscheiden der Asche aus Kohlenstaub durchgeführt worden[31]).

Die bisherigen Versuche bestätigten die Annahme, daß jeder Mahlvorgang in einem einheitlichen[32]) Stoff eine gesetzmäßige Kornverteilung bewirkt[33]). Es genügt daher in vielen Fällen, z. B. für die laufende Überwachung eines Mahlvorganges, ein oder zwei Punkte der Kennlinie zu bestimmen. [B 1381]

[29]) Über die Bestimmung der Korngröße von Wolframpulver nach andern Verfahren vergl. K. Agde, H. Schönborn, K. Schröter, Zschr. f. techn. Physik Bd. 6 (1925) S. 203.

Abb. 13
Kennlinien für fünf Kohlenstaubsorten (Westfälische Steinkohle, auf fünf verschiedene Feinheitsgrade vermahlen); vergl. Zahlentafel 4.

Abb. 14
Wolframpulver $< 2\,\mu$
1 Teilstrich = 10 μ.

Zahlentafel 5
Prüfung des Windsichters.

Korngröße μ		Einwage g	Auswage g
Zement	0 bis 10	1,00	1,07
	20 „ 40	1,22	1,20
	40 „ 60	0,60	0,61
Kohlenstaub	0 „ 20	1,5	1,47
	20 „ 40	1,5	1,40
	40 „ 60	2,0	2,13

[30]) Für Stoffe, die physikalisch oder chemisch Feuchtigkeit binden oder von fettiger oder klebriger Beschaffenheit sind, ist das beschriebene Verfahren dagegen nicht anwendbar, z. B. für Ton.

[31]) Vergl. H. W. Gonell, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 9 (1928) S. 209.

[32]) D. h. einheitlich dem spezifischen Gewicht und der Mahlbarkeit nach.

[33]) Vergl. Rosin und Rammler a. a. O.

Spannungsoptische Untersuchungen von ebenen Spannungszuständen[1])

Grundlagen des spannungsoptischen Verfahrens. Messung der Richtungen sowie der Summe und des Unterschiedes der Hauptspannungen in Zellstoffmodellen. Vergleich zwischen Versuchsergebnissen und genauer Rechnung. Anwendungen des Verfahrens auf belastete Ketten, Schneiden, Druckzylinder, Turbinenschaufeln, Zugstäbe, Betonprobekörper, Gebäudeteile und Schneidwerkzeuge. Grenzen der spannungsoptischen Messungen.

Beim Entwurf und bei der Konstruktion von Maschinen und Bauwerken kommt es sehr darauf an, die einzelnen Teile sicher und zweckmäßig auszuführen, so daß bei jeder vorauszusehenden Möglichkeit nirgends eine Zerstörung des Baustoffes eintritt. Seit langem werden daher die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Werkstoffe untersucht und die in den Konstruktionsteilen wirksamen Spannungen gemessen. Wie verwickelt schon in einfachen Fällen diese Spannungen verteilt sein können, zeigt z. B. ein Bolzen mit Kopf und Schraubenmutter, der zwei Konstruktionsteile zusammenhält, Abb. 1. Im Hauptteil des Bolzens herrscht einfacher Zug, so daß dort Gesamtlast = Querschnitt × Spannung p_m ist. An der Berührungsstelle von Bolzenschaft und Bolzenkopf (in den Punkten A und B) erhöht sich die Spannung bedeutend, trotz des sich dort verbreiternden Querschnittes. Am andern Ende herrscht im Gewinde ebenfalls erhöhte Spannung — bekanntlich werden beim Festschrauben der Mutter leicht die Schraubengänge einfach abgestreift (überschraubt). Leicht kann eine große Maschine völlig außer Betrieb gesetzt werden, wenn eine einzige Schraube ihren Kopf oder ihr Gewinde verliert, und es ist verständlich, wenn man in diesen einfachen und andern verwickelten Fällen auf viele Weisen versucht, die wirksamen Spannungen genau zu messen.

Mit einem neueren Verfahren der Spannungsmessung sollen sich nun diese Ausführungen befassen. Es bedient sich der bunten Bilder, die man in belasteten durchsichtigen Körpern bei polarisiertem Lichte sieht. Wenn man auch die wahre Natur des Lichtes noch nicht genau kennt, so darf man immerhin ebenpolarisiertes Licht als eine Wellenbewegung senkrecht zur Fortschreitungsrichtung annehmen, bei der alle Schwingungen in einer Ebene stattfinden. Wird eine durchsichtige Scheibe in ihrer Ebene nun so belastet, daß man in einem Element die wirksamen Kräfte als ein Paar orthogonaler Spannungen ansehen kann, und ein polarisierter Lichtstrahl geht senkrecht hindurch, so zerlegt er sich in zwei Teile, deren einer in der Richtung der einen Spannung schwingt, der andre senkrecht dazu. Sind die beiden Spannungen P und Q, so wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des in der Richtung von P schwingenden Strahles verhältnisgleich zu P, die des andern verhältnisgleich zu Q verzögert. Diesen Umstand benutzt Coker bei seinem Verfahren[1a]).

Läßt man den austretenden Strahl durch ein Analysatorprisma gehen, das senkrecht zum polarisierenden Prisma orientiert ist, so wird beim Fehlen von P und Q oder wenn beide gleich groß sind, kein Licht hindurchkommen, da die Polarisationsebene des Lichtes auch hinter dem Probekörper noch senkrecht auf der Analysatorebene steht. Durch eine relative Verzögerung R der beiden Teile des Strahles gegeneinander, die natürlich außer dem Betrag von $P - Q$ auch noch der Dicke d des Versuchskörpers und einer Werkstoffkennzahl verhältnisgleich ist, erhält der austretende Strahl eine Schwingungskomponente, die den Analysator durchdringt.

[1]) Bericht über Vorlesungen von Prof. E. G. Coker, University College, London.

[1a]) Über Versuche mit dem gleichen Verfahren hat bereits Königsberg 1904 berichtet. Vergl. Z. Bd. 48 (1904) S. 867 u. Z. d. Öst. Ing.- u. Arch.-Ver. Bd. 56 (1904) S. 165.

Abb. 1
Spannungen in einem Bolzen.

Bei Verwendung von weißem Licht werden dann einzelne Teile des Spektrums mehr, andre weniger Beitrag zu diesem durchdringenden Licht liefern (Schwebungserscheinungen spielen dabei eine Rolle), so daß für verschiedene Beträge R (d. h. für verschiedene Werte von $P - Q$) verschiedene Farben erkennbar werden. Wächst R, so ändert sich die Farbe von Schwarz über Weiß, Gelb, Rot, Purpur nach Blau. An den schwarzen Stellen ist entweder $P - Q = 0$ oder die Richtungen von P und Q sind parallel zu den Richtungen des Polarisationskreuzes; denn auch das ist ein Grund, daß die Schwingungsrichtung des Strahles ungestört bleibt. Verursacht die Relativverzögerung R eine bunte Stelle, so kann man diese wieder schwarz machen durch Zusatz einer entgegengesetzt gleichen Verzögerung, d. h. durch Zwischenschalten eines zweiten Versuchskörpers. Verwendet man dabei den gleichen Werkstoff von der gleichen Dicke, so braucht man zum Aufheben der Wirkung von P und Q eine Spannung σ_1, die genau gleich $P - Q$ ist. Wenn man den zweiten Versuchskörper als Streifen ausbildet, so ist leicht die in ihm herrschende Spannung zu messen und damit ein Mittel gegeben, für jede Stelle der untersuchten Scheibe den Wert für $P - Q$ zu ermitteln.

Die gesamte Versuchsanordnung zeigt schematisch Abb. 2. Verwendet man Linsen, so kann man ziemlich kleine Polarisationsprismen benutzen. Der Strahl zeigt dann auch die in den Linsen herrschenden Spannungen an, die möglichst beseitigt werden müssen. Als Polarisator a, Abb. 2, dient eine Scheibe isländischer Doppelspat zwischen zwei Glaskeilen. Im Parallelstrahlenfeld zwischen den Linsen b und c wird der Versuchskörper d, im Felde zwischen den Linsen e und f der zusätzliche Zugstab g angebracht; h ist das Analysatorprisma. Durch Zwischenschalten eines sogenannten Viertelwellenlängenplättchens i kann das ebenpolarisierte Licht zirkularpolarisiert werden, bei dem dann keine Richtung mehr bevorzugt ist; durch ein zweites Plättchen k wird wieder ebenpolarisiertes Licht hergestellt. In dem zirkularpolarisierten Lichte bleiben nur die Stellen völlig dunkel, für die $P - Q = 0$ ist, oder in denen die Wirkung von P und Q durch den Zugstab rückgängig gemacht ist. Zweckmäßig befestigt man schließlich alle Teile auf einer optischen Bank.

Der Spannungszustand einer in ihrer Ebene beanspruchten Scheibe ist eindeutig bestimmt, wenn für jeden Punkt der Betrag der beiden Hauptspannungen P und Q und ihre Richtungen bekannt sind. In ebenpolarisiertem Licht erhält man wegen der bereits erwähnten Erscheinungen für jede Stellung des Polarisationskreuzes dunkle Linien, auf denen die Hauptspannungen parallel zu dem jeweiligen Polarisationskreuz liegen, die Isoklinen der Hauptspannungen. Aus der Aufnahme des ganzen Isoklinenfeldes kann man dann auch die Hauptspannungstrajektorien konstruieren, das sind Linien, die in jedem Punkte die Richtung der dort wirksamen Hauptspannungen haben. Gleichzeitig ist damit die Richtung der größten Schubspannung bestimmt, da diese unter einem Winkel von 45° gegen die Hauptspannungen geneigt ist.

Die Werte von P und Q sind zwar auch rein optisch und rechnerisch zu ermitteln, es ist jedoch zweckmäßiger, durch eine andre Art der Messung den Wert $(P + Q)$ zu bestimmen, nämlich durch Messung der Dickenänderung. Der Zug P verringert die Dicke des Körpers um einen zu P proportionalen Betrag, Q hat die gleiche Wirkung, so daß insgesamt eine zu $P + Q$ proportionale Dickenänderung eintritt. Die Beziehung gilt auch beim Zusammenwirken von Zug und Druck, d. h. bei negativen Werten von P oder Q. Wenn in dem Zusatzstab von gleicher Dicke und gleichem Werkstoff die Zugspannung σ_2 die gleiche Dickenänderung ergibt, so ist bis auf Berichtigungsglieder, die uns hier nicht interessieren, $\sigma_2 = P + Q$. Demnach ist

$$P = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}, \quad Q = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2}.$$

Abb. 2
Versuchsanordnung für spannungsoptische Messungen.
a Polarisator b, c Linsen d Versuchskörper e, f Linsen g Zugstab
h Analysator i, k Viertelwellenlängenplättchen

Abb. 3
Gebogener Stab, dessen Mittelstück auf reine Biegung beansprucht wird.

Abb. 4
Isoklinen im Stabe von Abb. 3.

Abb. 5
Hauptspannungslinien zu Abb. 4.

Die Messung der Dickenänderung ist nicht einfach. Das verwendete Meßgerät besteht im wesentlichen aus zwei Nadeln, die einander gegenüber senkrecht auf der Platte stehen. Leichter Federdruck hält die Nadeln auf der Platte. Bei jeder Dickenänderung bewegen sich die Nadeln gegeneinander und damit ein kleiner Spiegel. Ein an ihm reflektierter Lichtstrahl wird zur Messung benutzt. Im Prinzip wurde dieses Gerät bereits 1913 beschrieben, es ist im Laufe der Zeit wesentlich verbessert und ermöglicht eine Genauigkeit auf etwa 0,001 mm.

Abb. 6
Spannungsverteilung im Schnitt AB von Abb. 3.

Ein einfaches Beispiel möge kurz den ganzen Vorgang der Messung erläutern. Ein gebogener Stab mit einem inneren Halbmesser von 6,35 mm und einem äußeren von 25,4 mm wird an seinen äußeren Enden belastet, während er in der Mitte auf zwei Schneiden aufliegt, Abb. 3. Bei verschiedener Neigung der Polarisationsebene erscheinen nun verschiedene dunkle Linien, die Isoklinen der Hauptspannungen, Abb. 4. Ihre Gestalt zeigt, daß im mittleren Teile des Stabes stets eine Hauptspannung radial, die andere parallel zur Stabkante gerichtet ist. In der Nähe der Auflagerpunkte wird diese Regelmäßigkeit natürlich gestört. Die Kreislinie mit dem Halbmesser 10,80 mm bleibt für alle Neigungen der Polarisationsebene unveränderlich dunkel, auf ihr ist also $P - Q = 0$. Aus dem Isoklinennetz, Abb. 4, läßt sich dann die Schar der Spannungslinien (Trajektorien) ermitteln, Abb. 5. Im mittleren Teile fallen beide zusammen. Längs der Geraden AB, Abb. 3, ergibt die beschriebene Messung der Summe und des Unterschiedes die

Zahlentafel 1

Abstand mm	Versuchsergebnisse kg/mm²				Rechenergebnisse kg/mm²			
	$P+Q$	$P-Q$	P	Q	$P+Q$	$P-Q$	P	Q
6,35	0,728	0,728	0,728	0,000	0,707	0,707	0,707	0,000
6,98	0,647	0,499	0,573	0,074	0,636	0,520	0,578	0,058
9,52	0,422	0,100	0,261	0,161	0,420	0,116	0,268	0,152
12,06	0,211	— 0,060	0,070	0,131	0,243	— 0,065	0,089	0,154
14,60	0,100	— 0,150	— 0,025	0,125	0,106	— 0,158	0,026	0,132
17,14	0,018	— 0,210	— 0,113	0,096	— 0,010	— 0,214	— 0,112	0,102
19,68	— 0,120	— 0,240	— 0,180	0,060	— 0,110	— 0,249	— 0,179	0,070
22,22	— 0,211	— 0,269	— 0,240	0,029	— 0,198	— 0,276	— 0,237	0,039
24,76	— 0,281	— 0,300	— 0,290	0,009	— 0,275	— 0,290	— 0,283	0,008
25,40	— 0,300	— 0,300	— 0,300	0,000	— 0,293	— 0,293	— 0,293	0,000

Abb. 7
Belastetes Kettenglied in zirkularpolarisiertem Licht.

Werte von P und Q, und damit sind gleichzeitig die Spannungen für das ganze Mittelstück gegeben. Die Ergebnisse zeigen Abb. 6 und Zahlentafel 1. In der Mitte zwischen den beiden durch Versuch gefundenen Kurven für $P + Q$ und $P - Q$ liegt $P = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$, sein Abstand von einer der Kurven ist gleich Q. Wir erkennen, daß die Radialspannung Q natürlich am inneren und äußeren Rande verschwindet, aber im Inneren beachtliche Werte erreicht, den Höchstwert gerade an der Stelle $P = Q$, d. h. auf der dunklen Kreislinie. Besonders bei I-Trägern mit verhältnismäßig dünnem Steg darf diese Spannung nicht vernachlässigt werden. Völlig spannungsfrei ist keine Stelle des Stabes. Die Spannungsverteilung ist eine andere als im geraden Stab, der auf Biegung beansprucht wird.

Bei dieser einfachen Aufgabe kann man durch einfache Überlegungen und Rechnungen die Genauigkeit der Messungen prüfen. Aus Gleichgewichtsgründen muß z. B. die Summe aller Normalspannungen in einem Radialschnitt verschwinden, in der Zeichnung muß also die Fläche zwischen Nullachse und dem positiven Teil der Kurve für P gleich sein der Fläche zwischen Achse und unterer P-Kurve. Die Ausmessung der Zeichnung ergibt für die beiden Flächen das Verhältnis 2,74 : 2,71. Bei genauer Berechnung von P und Q erhält man für jeden Halbmesser r:

$$P = \frac{M}{d\,C}\left\{(r_a^2 - r_i^2) + r_a^2 \log\frac{r}{r_a} - r_i^2 \log\frac{r}{r_i} - \frac{r_a^2\, r_i^2}{r^2}\log\frac{r_a}{r}\right\}$$

$$Q = \frac{M}{d\,C}\left\{(r_a^2 - r_i^2)\log\frac{r}{r_a} + \left(\frac{r_a^2}{r^2} - 1\right) r_i^2 \log\frac{r_a}{r_i}\right\},$$

wobei M das wirksame Biegungsmoment, d die Dicke des Stabes, r_i und r_a seine Begrenzungshalbmesser und

$$C = \frac{1}{4}(r_a^2 - r_i^2)^2 - r_a^2\, r_i^2 \left(\log\frac{r_a}{r_i}\right)^2.$$

Die Werte sind gestrichelt eingezeichnet. Für $P - Q = 0$ bestimmt man den Halbmesser zu 10,92 mm, während die Beobachtung den Wert 10,80 mm ergeben hatte.

In allen Punkten stimmen die Werte mit denen der Theorie so gut überein, daß man auch bei verwickelteren, schwer oder gar nicht berechenbaren Problemen der Spannungsverteilung gute, verwendbare Ergebnisse erwarten kann. Die Versuche zeigen sogar deutlich, wie sehr sich Ingenieure davor hüten müssen, Formeln von einfachen auf verwickelte Probleme zu übertragen, deren genaue Lösung nicht möglich ist, so z. B. Glieder einer belasteten Kette. Eine genaue Lösung für kreisrunde Glieder gab erst kürzlich Prof. Filon an[2]), alle verwickelteren Formen sind nur annäherungsweise lösbar. Ketten werden daher meistens durch den Versuch geprüft, auch das Verfahren von Coker kann wertvolle Bilder der Spannungsverteilung liefern[3]).

Abb. 7 zeigt ein untersuchtes flaches Kettenglied aus Zellstoff, dessen innerer Rand eine Ellipse ist. Der Zug wurde durch Scheiben aus gleichem Stoff ausgeübt. Die verwickelte Art der Spannungsverteilung ergibt sich aus den in Abb. 8 gezeichneten Isoklinen (links) und den daraus gewonnenen Spannungslinien (rechts). In den zum inneren Rande senkrechten Schnitten wirken Normalspannungen p_n und Scherkräfte p_s, auch die zu p_n senkrechten Radialspannungen p_r sind für einige Schnitte in Abb. 9 eingezeichnet. In Schnitt AB sind die Spannungen p_n am kleinsten, so daß die Schweißstelle zweckmäßig dorthin gelegt wird.

Der Berührungsdruck

Sehr oft kommt in Maschinen und Bauwerken eine Druckübertragung durch belastete Kugeln, Schneiden oder Flächen vor. Das Meßverfahren kann auch für diese überaus wichtigen Fälle die Berechnungen bestätigen oder neue Einblicke verschaffen. Wirkt eine Kraft P mittels einer unendlich dünnen Schneide senkrecht auf den geraden oberen Rand einer Scheibe, so herrscht im Innern nur radialer Druck vom Betrage $\frac{2\,P\cos\Theta}{\pi\,r}$, wenn Θ und r, wie in

[2]) Filon, The Stresses in a Circular Ring, The Institution of Civil Engineers 1924.

[3]) E. G. Coker, Curved Beams, Rings and Chain Links, The Junior Institution of Engineers 1922.

Abb. 8
Isoklinen und Spannungslinien im Kettenglied von Abb. 7.

Abb. 9
Spannungen im Kettenglied von Abb. 7. (p_n und p_r im Schnitt $C\,D\,E\,F$ sind fünffach verkleinert gezeichnet.)

Abb. 10 angegeben, gemessen werden. Versuche bestätigen diese Formel bis auf die Gebiete unmittelbar unter dem Belastungspunkt. Die Verteilung ist dort eine andre, weil die Last nur durch eine Fläche endlicher Breite übertragen werden kann. Versucht man mittels einer zweiten ebenen Fläche eine gleichmäßige Belastung p für je 1 cm Kantenlänge eines Teils des oberen Randes zu erreichen, so müßte dann für jeden Punkt C die Richtung der Hauptspannung P gerade den Winkel α zwischen den beiden Strahlen nach A und B halbieren, Abb. 11, ihr Betrag muß sein $P = \frac{p}{\pi}\,(\alpha + \sin\alpha)$. Für die Spannung Q senkrecht dazu ergibt sich der Wert $Q = \frac{p}{\pi}\,(\alpha - \sin\alpha)$. Die Spannungslinien sind demnach konfokale Ellipsen und Hyperbeln mit A und B als Brennpunkten. Die Messungen ergeben nun meistens eine gute Übereinstimmung mit der Theorie, nur in der Nähe der belasteten Fläche findet man etwas völlig andres. Bunte Linien, die sich von den Punkten A und B aus unter den Stempel erstrecken, zeigen, daß eine gleichmäßige Lastverteilung über die Stempelfläche nicht erreicht wurde, Abb. 12. Preßt man zwei verschieden große ebene Flächen gegeneinander, so ergeben sich stets hohe Spannungen an den Rändern der kleineren, während in der Mitte die Spannung geringer ist als der aufgewendete mittlere Druck.

Dicke Zylinder

Eine völlig andre Art von Spannungsverteilungen bieten Zylinder unter hohem Innendruck, wie sie als Druckwasserpressen, Hochdruckkessel, Bomben für verdichtete Gase, Kanonenrohre usw. vorkommen. Das spannungsoptische Meßverfahren ist in einigen schwer zu berechnenden Fällen sehr gut brauchbar. Eine besondere Versuchsanordnung macht es möglich, durch inneren oder äußeren Druck belastete Zylinderabschnitte zu durchleuchten und auszumessen. Das Gerät, bei dem durch Flüssigkeitsdruck ein Lederstulp gegen den inneren oder äußeren Rand des Versuchsringes a gepreßt wird, zeigen Abb. 13 und 14. Der Lederstulp b paßt in das Gehäuse c, das durch den Bolzen d zusammengehalten wird. Durch das Rohr e wird die Flüssigkeit unter Druck in oder um den Lederring geleitet. Leicht erhält man auf diese Weise mehrere hundert Atmosphären wirksamen Druck.

Der einfachste Fall, ein Zylinder mit konzentrischen Begrenzungen, zeigt die Genauigkeit der Messungen, da mit Hilfe einfacher Formeln die Werte für die Radial- und Tangentialspannungen σ_r und σ_t genau zu bestimmen sind. Mit den Begrenzungsradien r_i und r_a und dem Innendruck p_i gilt für jeden Halbmesser r:

$$\sigma_r = \frac{p_i\, r_i^2}{r_a^2 - r_i^2}\left(\frac{r_a^2}{r^2} - 1\right) \qquad \sigma_t = -\frac{p_i\, r_i^2}{r_a^2 - r_i^2}\left(\frac{r_a^2}{r^2} + 1\right)$$

Abb. 10
Spannungen unter einer zu einer Kante senkrechten Einzellast.

Abb. 11
Hauptspannungen unter einer gleichmäßig verteilten Last.

Abb. 12
Farbenbilder unter einem ebenen Stempel.

$$\sigma_r - \sigma_t = \frac{2\, p_i\, r_i^2}{(r_a^2 - r_i^2)}\,\frac{r_a^2}{r^2}\,.$$

Z. B. ergab ein Ring mit $r_i = 19{,}3$ mm, $r_a = 50{,}8$ mm unter einem Innendruck von $p_i = 33$ kg/cm² die Werte der Zahlentafel 2. Vor kurzem wurde auch für exzentrische Begrenzungsringe von Prof. G. B. Jeffery die genaue Lösung angegeben[4]). Da bei fehlerhafter Bearbeitung oft dieser Fall eintritt, ist eine Abschätzung seiner Wirkung wichtig. Ein Beispiel mit

$$r_i = 19{,}08 \text{ mm}, \quad r_a = 23{,}01 \text{ mm}, \quad d = 0{,}71 \text{ mm}$$

ergibt an den Punkten A, B, C und D, Abb. 15, für $p_i = 10$ kg/cm² die Werte der Zahlentafel 3.

Zahlentafel 2

r . . . . mm		20,3	22,9	25,4	27,9	38,1	48,3
$\sigma_r - \sigma_t$ kg/cm²	berechnet	69,6	55,2	44,6	36,8	26,4	12,4
	gemessen	75,8	56,1	44,3	37,1	25,7	10,7

[4]) G. B. Jeffery, Plane Stress and Plane Strain in Bi-polar coordinates, Phil. Trans. Bd. 221 (1920); s. a. E. G. Coker, Photo-Elasticity, Journal of the Franklin Institute Bd. 199 (1925) S. 289.

Abb. 13 und 14
Geräte zur Übertragung eines Flüssigkeitdruckes auf den inneren oder äußeren Rand eines Ringes.

a Versuchsring
b Lederstulp
c Gehäuse
d Bolzen
e Zuleitungsrohr für Druckflüssigkeit

Abb. 15
Zylinder mit exzentrischen Begrenzungen.

Abb. 16
Spannungsverteilung in einem außen quadratisch begrenzten Zylinder bei Innendruck.

Zahlentafel 3

Punkt		A	B	C	D
Tangentialspannung σ_t . . . . kg/cm²	berechnet	56,0	66,3	46,4	33,6
	gemessen	56,0	64,2	46,6	35,1

Theoretisch noch nicht gelöst ist z. B. der Fall, wenn der Zylinder aus einem vierkantigen Block ausgebohrt ist. Die Isoklinen, Trajektorien, sowie einige Werte der Spannungen zeigt Abb. 16.

Die Schwalbenschwänze

Eine andre Art der Befestigung ist die Verwendung von Schwalbenschwänzen, mit denen man z. B. die Dampfturbinenschaufeln auf Scheiben oder Trommeln festhält. Abb. 17 zeigt die Spannungslinien in einem solchen Schaufelfuß bei axialer Belastung (z. B. durch Fliehkraft). Im Schnitt *GH*, Abb. 18, bestehen hauptsächlich Zugspannungen *P*, die am Rande sehr erhöht sind, außerdem senkrecht dazu Spannungen *Q* und geringe hier nicht aufgezeichnete Schubspannungen, da die Zugkräfte *P* nicht senkrecht auf dem Schnitt stehen. Meistens sind diese Schwalbenschwänze auf kreisrunden Scheiben angeordnet, eine solche sei als kennzeichnender Fall hier angeführt, Abb. 19. Einer der Schaufelfüße wird meßbar radial belastet, die andern dann mittels Schrauben so lange gezogen, bis das bunte Muster ganz symmetrisch ist. Dann sind alle Belastungen gleich groß. In der Figur der Hauptspannungslinien, Abb. 20, zeigen sich die einzelnen schwarzen Punkte von Abb. 19 als Kreuzungspunkte der Spannungslinien. Dort ist $P - Q = 0$. Für einige Schnitte und Kanten sind in Abb. 21 die Werte der Spannungen eingezeichnet.

Abb. 19
Durch acht Schwalbenschwänze radial belastete Kreisscheibe

Abb. 17 und **18**
Trajektorien in einem Schaufelfuß und Spannungen in einem Querschnitt.

Abb. 20
Trajektorien in der Scheibe von Abb. 19 (der Ausschnitt links unten).
Abb. 21 (rechts)
Spannungen in der Scheibe der Abb. 19.

Spannungsverteilung in Zugstäben und Scherproben

In dem wichtigen, großen Gebiet der Werkstoffprüfung bilden die Zug-, Druck- und Scherversuche noch immer die Hauptproben, auf deren Ergebnisse sich der Ingenieur bezieht; dazu kommt noch die große Reihe andrer Prüfungen, wie Biegung, Verdrillung, Kugeldruck usw. Durch spannungsoptische Messungen seien nun einige der mehr elementaren Proben auf ihre Besonderheiten untersucht.

Als erstes Beispiel sei ein gewöhnlicher flacher Zugstab während der Belastung von polarisiertem Lichte durchstrahlt. Abb. 22 zeigt einen Stab mit verbreiterten Enden, dessen Mittelstück parallele Kanten hat. Nahe den Enden zeigen bunte Kurven, daß der Spannungszustand dort ziemlich verwickelt ist. Am Rande des Mittelstücks ist die

Abb. 22
Flachstab bei Zugbeanspruchung.

Abb. 23
Spannungen in einem Zugstab.

Abb. 24
Isoklinen und Spannungslinien in einem Zugstab. Reiner Zug nur in Z.

Spannung wesentlich größer als im Inneren, am größten in den vier Punkten, in denen die Abrundungen beginnen. Wählt man den Radius der Abrundung noch kleiner, so wachsen die Spannungen an diesen Stellen in einem Maße, daß eine verhältnismäßig geringe Belastung genügen kann, um dort eine plastische Verformung oder einen Riß zu veranlassen. Längs der Rundung werden die Spannungen wieder geringer und erreichen in der äußeren Ecke den Wert null. Weiter nach den Enden zu liegt die größte Spannung in der Mitte des Stabes, bis sich allmählich der Zug gleichmäßig auf den ganzen Querschnitt verteilt.

Abb. 23 zeigt ein Modell des englischen Normalstabes unter einfachem Zug. Die senkrechten Scheiben haben zu den jeweiligen Normalspannungen proportionale Höhen. Die Meßlänge beim Zugversuch muß natürlich ganz im Gebiete gleichförmigen Zuges liegen; was namentlich bei Kurzstäben oft vernachlässigt wurde. Sowie der gleichförmige Zug gestört wird, sind die Spannungslinien gegen die Stabachse geneigt. Die Grenze des Störungsgebietes ist also die leicht zu bestimmende Nullisokline. In Abb. 24 ist das ungestörte Gebiet sehr klein. Es kommt bei gewissen Stabformen sogar vor, daß die Nullisoklinen sich berühren; für Messungen irgendwelcher Zugeigenschaften (Festigkeit usw.) sind diese Formen ungeeignet[5]). Die plastische Verformung beginnt also an den Enden des Mittelstücks. Da sich der bildsame Zustand aber dann mehr oder weniger gleichförmig im ganzen Mittelstück entwickelt, wächst die Möglichkeit, daß irgendeine weichere Stelle stärker fließt als ihre Umgebung — und damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, daß der Stab schließlich am Stabende reißt.

Die Scherprobe untersuchte Prof. T. Fukuda. In der Anordnung, Abb. 25, ist a der durchsichtige Versuchskörper. Er wird von vier Blöcken b_1 bis b_4 im Rahmen c gehalten und durch den Körper d auf der freien Oberkante möglichst gleichmäßig belastet. Aus den Spannungslinien geht hervor, daß die Teile unmittelbar unter den Ecken von d gar nicht auf reine Scherung beansprucht werden, die Neigung der Spannungslinien gegen die Senkrechte be-

[5]) E. G. Coker, Photo-elastic measurements in tension members. Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers Bd. 208 (1918 bis 1919) II.

Abb. 25
Spannungslinien in einer Scherprobe.

a durchsichtiger Versuchskörper b_1 bis b_4 Befestigungsblöcke
c fester Rahmen d Belastungskörper

Abb. 26
Modell eines Betonprobekörpers bei Zugbeanspruchung.

Abb. 27
Spannungen in der britischen Betonnormalprobe.

Abb. 28
Spannungen in der deutschen und französischen Betonnormalprobe.

Abb. 29 bis **31**
Spannungen in einem Mauersockel.

Abb. 32
Spannungen in einer Mauer mit zwei Fensteröffnungen

trägt nicht 45 °. Es ist schwierig, in den Einspannvorrichtungen keine zusätzliche Biegung des Probekörpers zu erzeugen. Beim üblichen Scherversuch sind die Verhältnisse ganz ähnlich, stets ist es schwer, den geforderten Spannungszustand im Probestück herzustellen. Über genauere Messungen wurde vor dem Kriege von Coker berichtet.

Betonnormalkörper für Zugversuche

Eine besondere Art von Zugversuchen verwendet man bei der Prüfung von Beton. Die Form der Probekörper ist willkürlich von jedem Land anders vorgeschrieben; man erhält niemals übereinstimmende Werte für die Zugeigenschaften. Das ist sofort verständlich, wenn man die Spannungsverteilung in einem solchen Probekörper untersucht, Abb. 26. Die Greifzangen übertragen einen starken Berührungsdruck und erzeugen ein Spannungsbild, das hier nicht näher besprochen werden soll; wir begnügen uns mit der Betrachtung des Schnittes an der schmalen Stelle. Sofort fällt die außerordentlich verschiedene Größe der einzelnen Werte für die Normalspannung P auf.

Bei der britischen Normalform, Abb. 27, und einer mittleren Spannung von 100 kg/cm² erreicht P am Rande den Betrag von 174 kg/cm², in der Mitte sinkt P auf 81 kg/cm². Senkrecht zu P wirkt eine Spannung Q, die natürlich am Rande verschwindet, die jedoch in den mittleren drei Fünfteln des Querschnitts den beträchtlichen Wert 47 kg/cm annimmt.

In der deutschen und französischen Normalform, Abb. 28, ist die Ungleichmäßigkeit noch größer. Unter einer Last, die eine mittlere Spannung von 100 kg/cm² ergibt, erreicht P am Rande etwa den Wert 210 kg/cm², in der Mitte ungefähr den Wert 64 kg/cm². Die Spannung Q erreicht in der Mitte etwa 55 kg/cm². Es ist also gänzlich aussichtslos, mit dieser Art der Zugstäbe etwas über die Eigenschaften des Betons unter reinem Zug zu erfassen; das ist vielen Ingenieuren längst bekannt[6]). Frisch hergestellter Beton ist nur unvollkommen elastisch, so daß sich in ihm die Spannungsunterschiede mehr ausgleichen. Je älter der Betonklotz ist, desto mehr ähnelt in ihm das Bild der Spannungen dem Bild in dem durchsichtigen Modell. Der Hauptgrund zu der fehlenden Einheitlichkeit der verschiedenen Konstanten des Betons liegt jedoch in der Form der Probestäbe. Man könnte gleichartige Versuche durch Zusatz eines möglichst langen Mittelstückes mit parallelen Kanten erreichen. Die Grenzen des Gebietes mit gleichförmigem Zug ergeben sich wie in Abb. 24; dies Gebiet braucht nur wenige Millimeter lang zu sein. Eine solche Veränderung der Probekörperformen würde dann vergleichbare Werte und die tatsächlichen Eigenschaften des Betons bei Zugbeanspruchung ergeben. Weitere Versuche müßten dann noch den Einfluß des Alters auf das elastische Verhalten des Betons und damit auf die Spannungen erweisen.

Die bisher üblichen Probestäbe ergeben eine zu geringe Bruchfestigkeit, da die gemessene mittlere Spannung im Augenblick des Bruches viel geringer ist als die tatsächliche Spannung an der Bruchstelle. Diese Tatsache bekräftigt die Ansicht vieler Ingenieure, daß in der Praxis höhere Belastungen des Betons zulässig und wünschenswert seien.

Die Spannungen in Bauwerken

In der Nachkriegszeit entstanden neue Bauverfahren, da man vielfach neue Werkstoffe benutzte. Namentlich die Verwendung von Beton brachte ganz neuartige Aufgaben der Baukonstruktionen. Einige mehr elementare Fragen tauchten kürzlich bei Erweiterungsbauten des University College, London, auf, die mit Hilfe der Spannungsoptik an durchsichtigen Modellen erfolgreich behandelt wurden[7]). Abb. 29 zeigt z. B. die Spannungsverteilung am unteren Ende einer Hauptmauer mit verbreitertem Sockel. Um starke Zusammenballungen der Spannungen zu vermeiden, wurden die Ecken durch kleine Kreise abgerundet. Dennoch ergibt sich, daß in einem wagerechten Schnitt die Spannung am Rande bis zum 2,5fachen des mittleren Druckes p_m ansteigt. Unmittelbar darunter, in der Rundung, wächst sie sogar auf 3,04 p_m, Abb. 30. In den tieferliegenden Querschnitten herrscht der größte Druck in der Mitte, vergl. auch Abb. 23.

Fugenlose Mauern und Säulen aus Beton oder Gußmörtel gehen gewöhnlich durch schräge Seitenflächen in den Sockel über, die Spannung erreicht in diesem Falle den Wert 2,79 p_m, Abb. 31. Abb. 32 zeigt die Spannungsverteilung in einer rechteckigen fugenlosen Mauer mit zwei abgerundeten Fensteröffnungen, wie sie mit einiger Veränderung in Gebäuden vorkommt. Im Schnitt AB steht der mittlere Teil unter gleichförmigem Druck, in den Seitenmauern erreicht der Druck an den Fensterkanten einen Höchstwert. In den Fensterecken beobachtet man ebenfalls eine starke Spannungskonzentration. Zugspannungen, wie sie längs den wagerechten Fensterkanten auftreten, können von Ziegel- und Gußmörtelwänden nicht aufgenommen werden, dort muß also das Mauerwerk durch Stahl oder bei höheren Bauten durch ein ganzes Stahlfachwerk gestützt werden.

Nicht nur Lücken oder Öffnungen erhöhen die Spannungen. In Abb. 33 und 34 zeigt sich, daß auch vorspringende Teile (hier z. B. eine Gesimsleiste) beträchtliche Wirkungen auf die Druckverteilung haben. Die Spannungslinien reichen bis in den freischwebenden Teil hinein und können dort unter Umständen Sprünge ver-

[6] Vergl. „Annales des Ponts et Chaussees" Bd. 9 Reihe 7, Juni 1895 (Durant Claye).

[7]) E. G. Coker, Some Problems in the Construction of Buildings considered experimentaly, Journal of the Royal Institute of British Architects 1926.

Abb. 33
Gesimsleiste unter Mauerdruck

Abb. 36
Schneide während der Arbeit.

Abb. 35
Einfache Hobelmaschine zur Untersuchung der Schneidwirkung.

anlassen, die zu einem Abstürzen einzelner Teile führen. In den wagerechten Grenzflächen des Gesimsstückes herrscht an den Mauerecken A und B ein um etwa 75 vH höherer Druck. Der Einfluß des Vorsprunges besteht darin, daß er der durch den Mauerdruck erstrebten gegenseitigen Näherung von A und B entgegenwirkt und dadurch die wagerechten Grenzflächen leicht wölbt. Die Folge davon sind stark erhöhte Spannungen an der Mauerkante. Versuche von Miß Janett Harris bestätigten das erwartete Ergebnis, daß der Betrag dieser Erhöhung kleiner wird, wenn man die Höhe AB des Gesimses verringert.

Die Wirkung von Schneidwerkzeugen

Fast alle neuzeitliche technische Werkstattarbeit besteht in dem Gebrauch von Werkzeugmaschinen, die zur Erzeugung der geforderten Form des Werkstückes überflüssigen Werkstoff beseitigen sollen (Bohrer, Fräser, Drehbänke usw.). Millionen von Schneidwerkzeugen sind täglich in Betrieb; daher ist viel technisches Schrifttum über die Wirkungsweise von Schneiden vorhanden. Ein Ausschuß der Institution of Mechanical Engineers benutzte in den letzten Jahren die neuzeitlichsten Mittel, um die Schneidvorgänge näher zu untersuchen, und gab die Anregung, auch spannungsoptische Messungen auf diesem Gebiet durchzuführen. Zu diesem Zweck wurden einige besonders einfache Einrichtungen konstruiert, mit denen man den Probekörper während des Versuches durchleuchten kann. In der Hobelmaschine, Abb. 35, wird die Versuchsplatte wagerecht seitlich verschoben, so daß die feststehende Schneide einen Span vom oberen Rande abschneidet. Ist die Schneide bereits etwas abgestumpft, so beseitigt sie den Werkstoff nicht durch richtigen Schnitt, sondern auf die etwas rohe Art, die obere Schicht durch Keilwirkung abzustoßen. Das Ergebnis ist eine deutlich unebene Schnittfläche, Abb. 36. Der abgestoßene Streifen wird dann hochgebogen und dadurch bald so stark verformt, daß das Licht nicht mehr hindurchdringt. Weiter oben erholt sich der Span wieder etwas und läßt einige bunte Streifen erscheinen. Um die Schneide herum sind in der Scheibe bezeichnende dunkle Linien erkennbar. Längs jeder ist der Betrag von $P - Q$ unveränderlich. Abb. 37 zeigt den Verlauf der Spannungslinien.

Abb. 34
Spannungslinien in der Gesimsleiste von Abb. 33.

Abb. 37
Spannungslinien vor der Schneide.

Abb. 38
Drehstahlschneide während der Arbeit.

Abb. 39 bis **41**
Isoklinen, Trajektorien und Spannungen in einer Schneide.

Länger dauernde Beobachtungen führt man zweckmäßig an einer Drehbank aus, auf der Späne beliebiger Länge geschnitten werden können. Bei passender Wahl des Schneidwinkels und einer guten Schneide ist die Schnittfläche dann ganz glatt und die bunten Linien bleiben relativ zur Schneide deutlich ruhig stehen. Ist dagegen die Schneide stumpf oder falsch geneigt, so ist der Schnitt zackig, die Farbstreifen springen heftig hin und her und die Späne zeigen abwechselnd dunkle und bunte Flecken, Abb. 38. Im einzelnen ist der Vorgang jedenfalls so, daß sich infolge der hohen Spannung vor der Schneide ein Sprung bildet, in den die Schneide dann unter vermindertem Widerstand eindringt. Über ihr biegt sich dabei der Span hoch und verformt sich plastisch am festgehaltenen Ende. Die Schneide bewegt sich auf diese Weise weiter, bis es nötig wird, weiteren Werkstoff abzustoßen. Der Span zeigt schließlich deutlich den periodischen Vorgang, die Schnittfläche hat entsprechende Unregelmäßigkeiten. Arbeiten mehrere Schneiden gleichzeitig wie beim Fräser, so wird das Bild der Spannungen natürlich sehr verwickelt.

Wesentlich schwieriger ist die Spannungsverteilung in der Schneide zu bestimmen. Bisher mußte man sich darauf beschränken, mit einem Stahlmesser zu schneiden, dieses plötzlich anzuhalten und nun durch ein genau gleiches durchsichtiges Schneidenmodell aus besonders hartem Stoff zu ersetzen. Es war allerdings unmöglich, den Schnitt mit einer solchen Schneide zu erzeugen. Wenn aber das durchsichtige Modell wie das eigentliche Messer in den Schnitt gedrückt wird, so kann man in ihm eine gute Annäherung der tatsächlichen Spannungen in der Schneide erhalten. Abb. 39 bis 41 zeigen das beobachtete Bild der Isoklinen, Trajektorien und einiger Spannungen. Gestrichelt ist noch eine besonders gut sichtbare Gruppe von Linien angedeutet, längs derer der Wert $P - Q$ gleich bleibt. Dicht an der Spitze ist aber der Stoff sicher überelastisch beansprucht; man kennt bis heute die spannungsoptischen Gesetze nicht, die in diesem Zustand gelten.

Über die Spannungen in solchen Gebieten kann man erst etwas aussagen, wenn die notwendigen physikalischen Untersuchungen dieser Frage durchgeführt sind. Während bei den Metallen der plastische Zustand schon sorgfältig untersucht wurde, fehlen bei durchsichtigen Stoffen noch alle Unterlagen. Die Messung der Spannungen des Körpers, Abb. 41, ergab als höchsten meßbaren Wert 290 kg/cm², d. h. ⅔ der Zerreißfestigkeit des Zellstoffs. Darüber hinaus versagt das Verfahren.

Zusammenfassung

Der Bericht läßt erkennen, wie fruchtbar die Anwendung der Spannungsoptik auf den verschiedensten Gebieten sein kann. Bis heute ließen sich freilich diese Untersuchungen nur bei federnd verformten Körpern durchführen. Genaue Ergebnisse auch in bildsam verformten Proben zu erreichen, muß der Zukunft vorbehalten bleiben.

Göttingen [M 1033] G. Mesmer

Eine große Absetzanlage für Hoch- und Tiefschüttung

In den Gebieten, wo die Braunkohle unter einer verhältnismäßig geringen Deckschicht in großer Flözmächtigkeit ansteht, wie im Geiseltal westlich Merseburg und im Rheinland auf der Ville, ist es meistens unmöglich, den Abraum in die ausgekohlten Teile der Tagebaue abzusetzen, weil man mit der Kohlengewinnung noch nicht bis auf das Liegende gekommen ist. Deshalb schüttet man in diesen Gebieten meistens den Abraum auf Halden, die natürlich möglichst hoch sein müssen, damit nur eine möglichst kleine Bodenfläche der Landwirtschaft oder dem Bergbau entzogen wird. Je höher die Halde aber wird, um so teurer wird

Abb. 1. Absetzanlage, erbaut von Fried. Krupp A.-G., für Grube Otto-Tannenberg.

a Eimerkettenmotor (200 PS)
b Windwerkmotor (15 PS)
c Fahrmotor (30 PS)
d Transformator
e Umlenkturasse (unten)
f Abschüttstelle zum Längsförderer

Abb. 2 und **3.** Aufnahmegerät der Absetzanlage auf Grube Otto-Tannenberg.

auch infolge der großen Steigungen, die die Züge bis auf die Kippe zurückzulegen haben, die Förderung des Abraums.

Um diese Schwierigkeit zu vermeiden und alle möglichen Vorteile auszunutzen, hat die Firma Fried. Krupp, A.-G., im vorigen Jahr auf der Grube Otto-Tannenberg eine große Absetzanlage aufgestellt, die aus dem Aufnahmegerät, zwei Längsförderern und einem Schwenkabsetzer besteht. Die Eimerkette des Aufnahmegeräts, Abb. 1 bis 3, läuft unten über zwei Turasse und enthält 14 Eimer zu 650 l, die bei 26 Schüttungen/min theoretisch 1015 m³/h, entsprechend 650 m³/h wirklicher Leistung aus dem Schüttgraben aufnehmen und auf die Längsförderer abgeben. Das Aufnahmegerät läuft mit zwei dreiachsigen Drehgestellen auf dem Gleis am Schüttgraben (900 mm Spur), und einem zweiachsigen Fahrgestell auf dem Gleis, das vom Schüttgraben abgewendet liegt. Die Torweite von Mitte Drehgestell bis Mitte Drehgestell beträgt 9 m. Die dem Schüttgraben abgewendete Stütze ist als Pendelstütze ausgebildet, so daß sie Unterschiede in den Entfernungen zwischen den beiden Gleisen ausgleichen kann. Die Eimerkette wird durch einen 200 PS leistenden Motor angetrieben, das Fahrwerk durch einen Motor von 30 PS und das Windwerk für das Heben und Senken der Eimerleiter durch einen Motor von 15 PS.

Die beiden 65 m langen Längsförderer, Abb. 4 und 5, laufen auf je zwei zweiachsigen Drehgestellen, deren Mittenabstand 40 m beträgt, auf Schienen mit 900 mm Spurweite. Sie sind beide ganz gleich als Gitterträger ausgebildet und von Schienenoberkante bis Oberkante der Gitterträger 2689 mm hoch. Durch Handwinden und Druckstempel können sie auf die Schwellen abgestellt werden, damit sie sich beim Betrieb nicht verschieben. Das 1300 mm breite Förderband aus Gummi wird durch zwei Motoren von je 45 PS so angetrieben, daß das obere Trum gezogen wird.

Das eigentliche Absetzergerät hat 55 m Ausladung, kann 20 m hoch schütten und um 270 ° geschwenkt werden. Es besteht aus dem Zubringerband, das durch einen 45 PS-Motor angetrieben wird, und dem eigentlichen Hauptband, das schräg nach oben führt und durch einen 120 PS leistenden Motor angetrieben wird. Das Zubringerband ist wie das Hauptband 1300 mm breit. Der Motor zum Verfahren dieses Gerätes, das auf vier Drehgestellen zu je acht Rädern ruht, leistet 68 PS, der Schwenkmotor 15 PS. Der Schwenkkranz hat 15 m Dmr. Auf ihm laufen vier Gestelle mit je vier Rädern, die den schwenkbaren Teil des Absetzers tragen, Abb. 6 bis 8.

Abb. 4 und **5.**

Abb. 6 und **7.**
Absetzer. M. 1 : 350.

a Zubringerband
b Absetzband
c Antriebmotor für *a* (45 PS)
d Antriebmotor für *b* (120 PS)
e Fahrmotor (68 PS)
f Schwenkmotor (15 PS)
g untere Umführungstrommel des Absetzbandes

Die Absetzeranlage arbeitet in der Weise, daß der aus den Abraumzügen in einen parallel zu den Längsförderern laufenden Graben geschüttete Abraum von dem Aufnahmegerät auf die Längsförderer gebracht wird. Diese befördern den Abraum bis an das Zubringerband des eigentlichen Absetzers; auf dem Absetzer kommt er dann in zwei Stufen bis auf Sturzhöhe. Die Längsförderer und der mit ihnen gekuppelte Schwenkabsetzer stehen während des Betriebes still, während das Aufnahmegerät an den Längsförderern entlang läuft. Wenn eine vorgeschriebene Schütthöhe erreicht ist, fahren Schwenkabsetzer und Längsförderer zurück, ohne daß das Aufnahmegerät stillgesetzt wird.
[M 1291] Js.

Abb. 8. Blick auf den Schwenkabsetzer mit dem schräg nach oben führenden Band.

Förderbrücke.

RUNDSCHAU

Abb. 1
Übungszweisitzer und Schnellreiseflugzeug, Baumuster L 75 Aß, der Albatros-Flugzeugwerke, G. m. b. H., Berlin-Johannisthal.

Abb. 4
Fahrgestell.

Luftfahrt

Übungszweisitzer und Schnellreise-Flugzeug von Albatros

Zur Weiterbildung von Flugschülern für schwere Flugzeuge und große Überlandflüge haben die Albatros-Flugzeugwerke einen einmotorigen zweisitzigen Doppeldecker, Abb. 1, gebaut.

Die Kastenholme der Tragflächen bestehen aus Holz. Die Unterseite der Flächen zwischen Vorder- und Hinterholm ist mit Sperrholz beplankt, die Flügelnase und die Oberseite der Tragflächen dagegen mit Stoff bespannt. Die Flächen haben keine Innenverspannung. Beide Flügel sind an den Außenenden durch je einen N-Stiel miteinander verbunden. Mehrere Streben stützen die obere Tragfläche in der Mitte gegen den Rumpf ab. Zwischen N-Stiel und Streben sowie Rumpf ist eine Doppelverspannung mit Stromliniendrähten in einer Ebene eingebaut. Die obere Tragfläche besteht aus einem Stück; in die Mitte sind als Flügelnase ein Hilfsbrennstoffbehälter von rd. 90 l Inhalt und dahinter ein Wasserausgleichgefäß eingebaut.

Der Rumpf ist als Gitterträger aus Rohren zusammengeschweißt, wobei der vordere Teil Rohrschrägen zeigt und die hinteren freien Felder durch Verspannung ausgekreuzt sind. Vorn ist der Rumpf mit Blech verkleidet, während der hintere Teil mit Stoff bespannt ist. Vorn im Rumpf ruht auf einem mit leicht abnehmbarer Blechverkleidung versehenen Stahlrohrgerüst, das an vier Punkten zum Auswechseln im Rumpf aufgehängt ist, ein BMW4-Motor von 250 bis 300 PS, Abb. 2. Infolge der austauschbaren Motorlagerung kann man auch leicht einen luftgekühlten Motor in das Flugzeug einbauen. Unmittelbar hinter dem Motor liegt der Brandspant, hinter dem wiederum der Haupt-Brennstoffbehälter (480 l) im Rumpf eingebaut ist. Darüber sitzt ein 30 l fassender Ölbehälter. Der Raum für den Brennstoffbehälter ist mit Leichtmetallblech verkleidet. Die Rumpfunterseite dagegen ist vollkommen offen, damit der Behälterraum gut durchlüftet werden kann.

Besonders sorgfältig hat man die beiden Räume für Führer und Beobachter ausgebildet. Auf dem Gerätebrett des Führerraumes sind die Bedienungs- und Überwachungsgeräte für den Flug angeordnet, während das Anlaßgerät davon getrennt, jedoch ebenfalls gut erreichbar eingebaut ist. Unter dem verstellbaren Führersitz befindet sich ein 0,45 m hoher, 0,9 m breiter und 0,95 m tiefer Gepäckraum. Der Beobachterraum hat eine zweite Steuerung. Lichtbild- und Funkgerät kann leicht eingebaut werden. Abb. 3 zeigt den Ladeplan.

Abb. 2
Motoreinbau.

Abb. 3
Ladeplan.
a Hauptbenzinbehälter 480 l, 381 kg *b* Hilfsbenzinbehälter 93 l, 74 kg *c* Ölbehälter 30 l, 30 kg *d* Kühlwasser im Kühler und Motor 25 l, 25 kg *e* Gepäck 45 kg *f* ein Führer mit Fallschirm *g* Begleiter mit Fallschirm, je 85 kg = 170 kg

Ober- und Unterflügel haben Querruder. Die Höhenflosse kann man im Fluge verstellen. Sämtliche Ruder haben Ausgleich. Das auf das Rumpfende aufgesetzte Leitwerk ist aus verschweißten Stahlrohren hergestellt und mit Stoff bespannt. Das auf beiden Seiten des Rumpfes angreifende Fahrgestell ist V-förmig ausgebildet. Im vorderen V-Stab ist eine Öl- und Gummifederung eingebaut. Die Achse ist geteilt und hochgezogen, Abb. 4.

Das Flugzeug hat folgende Abmessungen und Gewichte:

Spannweite		12,5 m
Länge		10 „
Höhe		3,25 „
Tragfläche		37 m²
Rüstgewicht		1085 kg
Zuladung		
2 Personen	170 kg	
Betriebstoff	485 „	
Gepäck	45 „	
Zusammen		700 „
Gesamtfluggewicht		1785 „
Flächenbelastung		48,2 kg/m²
Leistungsbelastung		7,1/5,9 kg PS

Bei normalem Brennstoffgemisch (Verdichtungsverhältnis 1 : 5,5) kann das Flugzeug 1450 km, bei einer Drosselung auf 85 vH 1950 km in einem Fluge zurücklegen.

[M 1766] Gossow

Bergbau

Siebente Technische Tagung des mitteldeutschen Braunkohlenbergbaues

Am 13. und 14. April 1928 wurde die diesjährige technische Tagung des deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins von Dr.-Ing. E. h. Piatscheck mit einem Überblick über die Entwicklung des deutschen Braunkohlenbergbaues im Jahre 1927 eröffnet.

Prof. Nordmann, Berlin, sprach dann über die

Verfeuerung von Kohlenstaub auf Lokomotiven,

die Geschichte der Staubfeuerung für Lokomotiven und die bisherigen Versuche. Schon vor rd. 10 Jahren hat man in Amerika eine Anzahl von Kohlenstaublokomotiven in Betrieb genommen, die sich aber nicht bewährt haben. Im Sommer 1923 haben in Deutschland eine Studiengesellschaft der Firmen Henschel & Sohn, Borsig, Krupp, Schwartzkopff und Hanomag, der deutschen Braunkohlensyndikate und des Deutschen Braunkohlen-Vereins sowie die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, Versuche dieser Art aufgenommen. Die Studiengesellschaft benutzte für die Versuche bei Henschel & Sohn in Kassel zunächst einen kleinen Lokomotivkessel auf besonderem Prüfstande. Nachdem es gelungen war, etwa die Dampfleistungen einer Lokomotive mit Rostfeuerung zu erreichen, wurden die Versuche an dem Kessel einer schweren Güterzuglokomotive der Reichsbahn fortgesetzt.

Die vorgeschriebenen Dampfleistungen von 45 kg/m²h im Dauerbetrieb und 60 kg/m²h bei Höchstbelastung, entsprechend 1,8 bis 2 Mill. kcal/m³h Feuerraumbelastung wurden nach einigen Verbesserungen des Feuerraumes und der Kohlenstaubbrenner erreicht. Bei der neuesten Bauart verwendet man einen Brausenbrenner mit Kegeldüsen, der an der Rückseite der Feuerraumwand unter einem Schirm eingebaut wurde. Die Verbrennungsluft wird nur durch den Brenner zugeführt. Die Flamme füllt den ganzen Feuerraum aus; bei den letzten Versuchen wurde die verlangte Feuerraumbelastung wesentlich überschritten und 2,8 Mill. kcal/m³h erreicht, während bei ortfesten Anlagen 200 000 bis 300 000 kcal/m³h schon sehr viel sind.

Die AEG hat schon Versuchsfahrten mit einer G 8_2-Lokomotive mit ihrer Staubfeuerung ausgeführt. Auch diese Lokomotive hat die von der Deutschen Reichsbahn vorgeschriebenen Leistungen erreicht und zum Teil übertroffen. Bei der AEG-Staubfeuerung wird nur ein Teil der Verbrennungsluft mit dem Brennstoff in mäßiger Höhe über dem Aschenkasten von beiden Seiten zugeführt, während der Rest der Luft unter dem Feuerschirm von vorn eintritt. Unter der Feuerkiste liegen zwei lange Düsen mit vielen leitschaufelartigen Ansätzen auf der Feuerseite einander gegenüber. Sie haben die Aufgabe, den Kohlenstaub-Luftstrom in viele schmale Streifen zu zerlegen, was die Mischung und die Zündung begünstigt.

Die Ergebnisse der Versuchsfahrten waren sehr günstig; der Heizer ist von körperlicher Arbeit fast ganz entlastet, da er mit wenig Handarbeit die Feuerung gut regeln und plötzlichen starken Änderungen der Belastung anpassen kann. Vor allem hat man mit Braunkohlenstaub günstige Erfahrungen gemacht, was für den mitteldeutschen Braunkohlenbezirk wirtschaftliche Vorteile verspricht. Die Reichsbahn plant neue Versuche an Staublokomotiven beider Bauarten mit verschiedenen Brennstoffen.

Über

Groß-Abraumförderung mit Großraumwagen

sprach Dipl.-Ing. Simon, Halle. Die Einführung der Großraumwagen von rd. 16 m³ Inhalt hat auf der Grube Elise II erhebliche Ersparnisse an Löhnen, Schmier- und Betriebstoffen und elektrischer Kraft gebracht. Gegenüber den Wagen von 5,3 m³ Rauminhalt haben die Lohnkosten, auf 1 m³ geförderten Abraum bezogen, um rd. 60 bis 70 vH, der Verbrauch der elektrischen Lokomotiven von 0,833 auf 0,64 kWh/m³ und die Zugumlaufzeit von 60 bis 70 auf 40 bis 45 min abgenommen. Dazu kommen betriebstechnische Vorteile, vor allem das einfachere und schnellere Beladen und das gleichmäßigere Entladen. Durch Einbau von Rollenlagern konnten die Ausgaben für Schmiermittel von 22,15 auf 5,85 ℳ für je 1000 m³ Abraum gesenkt werden.

Auch der Druckluftbetrieb hat sich bei der Groß-Abraumförderung bewährt. Man verwendet heute Druckluft zum Kippen und zum Bremsen; längere Züge haben zwei Bremswagen, einen unmittelbar hinter der Lokomotive, den andern am Ende des Zuges. Störungen entstehen häufig dadurch, daß schwere Steine oder größere Erdmassen auf die Leitungen zwischen den Wagen fallen und diese beschädigen; es fehlt bisher eine einfache und zuverlässige Schutzvorrichtung.

Dipl.-Ing. Härtig, Welzow, N.-L., berichtete über

Zeit- und Organisationsstudien im Braunkohlenbergwerk.

In einem Falle konnte man beim Baggern durch richtiges Abstimmen der Eimer- und der Baggerfahrgeschwindigkeit die Leistungen um 6 bis 7 vH steigern. Dies verringert die Kosten um 2 ₰/m³ oder jährlich 100 000 ℳ. In einem andern Fall hat man die Leistung durch Verwendung größerer Abraumwagen um jährlich 400 000 m³ Abraum erhöht. Auch in den Handwerker-Werkstätten hatten Zeitstudien Erfolg. In mehreren Fällen konnte man die Werkstatt verkleinern und durch Akkordarbeit, die sich fast überall sehr gut bewährt, große Ersparnisse erzielen. Bei der Neuordnung eines Werkes mit fünf Werkstätten wurden die Werkstätten von der Neufertigung entlastet und für Einzelarbeiten fliegende Kolonnen aufgestellt. Dadurch gelang es, 30 Handwerker freizumachen.

Den neuesten Stand der

Verschwelung und Vergasung von Braunkohle

schilderte Dr. Bube, Halle. Die 1920 bis 1925 entworfenen und gebauten Schwelöfen, die nach dem Retorten- oder nach dem Spülgasverfahren arbeiten, werden nunmehr im praktischen Betrieb erprobt. Neue Verfahren hat man in den letzten Jahren kaum entwickelt. Gut bewährt hat sich die Vortrocknung beim Rolle-Ofen. Obwohl seit 1920 keine neuen Rolle-Öfen mehr gebaut worden sind, hat man doch noch viele im Betrieb; die Erhöhung des Durchsatzes ermöglicht durch die Vortrocknung, hat also wirtschaftliche Bedeutung. Günstige Betriebserfahrungen liegen auch mit neuen Schwelöfen, u. a. mit dem Bamag-Heller-Ofen und den nach dem Spülgasverfahren arbeitenden Lurgi-, Seidenschnur- und Dea-Öfen vor.

In der letzten Zeit findet auch die Gewinnung von hochwertigen Gasen mehr Beachtung. Gemeinsame Arbeiten mit Gaswerken zur Erzeugung von Braunkohlenstadtgas hatten Erfolg, ebenso die Doppelgaserzeugung aus Braunkohlenbriketts, die Vergasung von Braunkohlen- und Grudekoksstaub usw.

Zum Schluß sprach Dr.-Ing. Rosin, Dresden, über die

Selbstentzündlichkeit des Schwelkokses.

Frischer Schwelkoks hat alle Eigenschaften einer aktiven Kohle. Er absorbiert beträchtliche Gasmengen und erwärmt sich, namentlich wenn er auch noch Feuchtigkeit aufnimmt, schnell auf 70 bis 80 °. Bei dieser Temperatur beginnt eine lebhafte Autoxydation, die bald zur Selbstentzündung führt. Die Erwärmung geht um so schneller vor sich, je höher die Anfangstemperatur ist. Auch vor Feuchtigkeit sollte man den Koks möglichst schützen. Der Schwefelgehalt, dem man früher meist die Selbstentzündlichkeit zuschrieb, scheint nur geringen Einfluß zu haben, dagegen begünstigen anorganische Aschenbestandteile, insbesondere Alkalien, die Selbstentzündung.

Für den Schutz gegen die Selbstentzündung kommen drei Verfahren in Frage: die künstliche Alterung, wobei der heiße Koks zusammen mit Dampf und Luft in Behältern mit Wasserkühlung auf rd. 80 ° und dann in einem zweiten Behälter in Luft auf Lufttemperatur abgekühlt wird. Eine nach diesem Verfahren arbeitende Anlage hat das Schwelwerk Glözau. Beim sogenannten Kohlensäureverfahren wird der Koks zuerst mit Kohlensäure unter Dampfzusatz und darauf mit Luft gekühlt. Eine solche Anlage befindet sich auf Grube Emma im Betrieb. Bei dem chemischen Verfahren setzt man dem Brennstoff vor dem Schwelen geringe Mengen von Ammoniumchlorid zu. [N 1590] Praetorius

Deutscher Bergmannstag 1928

Nach fünfzehnjähriger Pause hatte ein Ausschuß der Vorsitzenden der bergbaulichen Interessenvertretungen, der Bergbehörden und der Rektoren der bergbaulichen Hochschulen zum ersten deutschen Bergmannstag nach dem Kriege für den 2. und 3. Juni nach Berlin eingeladen. Entsprechend den Gepflogenheiten früherer Bergmannstage wurde auch diesmal eine Festschrift[1]) herausgegeben, in der von führenden Männern der Praxis die Entwicklung der deutschen Bergwirtschaft und ihr jetziger Stand eingehend behandelt wird.

In der Festsitzung am 3. Juni ging nach der Begrüßungsansprache von Geheimrat Dr. Hugenberg Bergwerksdirektor Dr. Brandi auf die

Wirtschafts- und Sozialpolitik des deutschen Bergbaues

ein. Er stellte zunächst die überragende Bedeutung des deutschen Steinkohlenbergbaues — der Gesamtwert der deutschen Steinkohlenförderung beträgt jährlich 2,5 Milliarden *RM* — im deutschen Gesamtbergbau fest. Der Erzberg-

[1]) Die deutsche Bergwirtschaft der Gegenwart. Festgabe zum deutschen Bergmannstag 1928. Herausgegeben von der Geschäftsführung der Fachgruppe Bergbau des Reichsverbandes der deutschen Industrie.

bau, der früher 50 vH des Eigenbedarfes gedeckt hat, deckt heute nur noch 18 vH davon. Die gewaltige Entwicklung des Kali- und Braunkohlenbergbaues — beim Kali insbesondere die frühzeitige und weitgehende Zusammenfassung auf wenige leistungsfähige Anlagen, bei der Braunkohle die großzügige Mechanisierung, Veredlung der Roherzeugnisse und Lösung der elektrischen Versorgung größter Bezirke — veranlaßt den Steinkohlenbergbau zur Nacheiferung zwecks Senkung seiner Selbstkosten. Die zahlreichen Schwierigkeiten der Nachkriegszeit: Sinken der Leistung durch Hungerkrieg, verkürzte Arbeitzeit und schlechter Maschinenpark, ungeheure Reparationsleistungen ließen bei der geringen Förderung das Kohlenwirtschaftsgesetz entstehen. Die Folgen dieser Zwangsmaßnahme sowie die Schematisierung der Arbeit durch Tarifverträge, Arbeitzeitregelung, Verhinderung wirksamer Überarbeit usw. haben den Wirtschaftskörper des Bergbaues krank gemacht. Der verlustbringende Absatz in das bestrittene Wettbewerbgebiet mußte schon bisher stark gedrosselt werden und wird in weitgehendem Maße jetzt weiter gedrosselt werden müssen, wenn keine Aenderung des Systems eintritt.

Hierzu treten noch die dauernd wachsenden sozialpolitischen Lasten, die den Bergbau zu dem bei weitem stärkst belasteten Industriezweige der Welt machen. An Stelle eines Direktionsprinzipes, dessen Anfänge sich bereits bemerkbar machen, fordert Dr. Brandi Zurückführung der nach dem heutigen Stande des Bergbaues unter Tage nicht mehr berechtigten gesetzlichen Mehrbelastung auf das Maß aller anderer Industriezweige, Vereinfachung und Verbilligung der Verwaltung, Hebung der Arbeitsleistung durch Auslese und Schutz der Tüchtigen, Beschränkung der staatlichen Einwirkung auf das unbedingt nötige Maß zur Vermeidung von Auswüchsen und Übertreibungen; auf Seiten des Bergbaues Ausbildung der Arbeiterschaft und des Nachwuchses, Verbesserung der Organisation durch Zusammenschlüsse, Förderung des kaufmännischen und wirtschaftlichen Denkens sowie stärkere Durchtränkung des Betriebes durch akademisch vorgebildete Beamte; ferner das Streben nach vernünftiger internationaler Verständigung auf dem Kohlenmarkt, Verbesserung der Transportverhältnisse für Kohle und Erz, um Wettbewerb des Auslandes im eigenen Lande auszuschließen, Veredelung und Verflüssigung der Kohle, Nebenproduktengewinnung, Gasfernversorgung.

Unfallverhütung

Im Anschluß hieran sprach Bergassessor Andre über Unfallgefahren und Unfallstatistik im Bergbau. Bei der Bekämpfung der Unfälle muß insbesondere Wert auf die zweckmäßige Erziehung des bergmännischen Nachwuchses gelegt werden, der durch Bild und Schrift[2]) immer wieder auf die Unfallgefahren aufmerksam zu machen sei. Bei der Unfallstatistik dürften, um der Wahrheit möglichst nahe zu kommen, nur die tödlichen Unfälle gezählt werden. Diese sind zweckmäßig in Verbindung zu bringen mit der Höhe der Förderung oder noch besser mit der Anzahl der unter Tage verfahrenen Schichtstunden. Bergassessor Beyling, der die Bekämpfung der Explosionsgefahren im Bergbau als Thema seines Vortrages gewählt hatte, stellte fest, daß mit dem Ersatz der Flammensicherheitslampen durch tragbare elektrische Grubenlampen besondere Schlagwetteranzeiger notwendig wurden, von denen sich die osmotischen Geräte bisher allem Anschein nach nicht bewährt haben. Das Gesteinstaubverfahren hat in einer Reihe von Fällen zum Aufhalten und Niederschlagen von Kohlenstaub- und Schlagwetterexplosionen seine Zweckmäßigkeit erwiesen; große Massenunglücke auf diesem Gebiete sind seit Einführung des Verfahrens nicht mehr vorgekommen.

[2]) Der Bergmannsfreund. Ein Ratgeber zur Bekämpfung der Unfallgefahren im Steinkohlenbergbau.

In seinem Vortrage aus

Wirtschaft und Technik der Steinkohlenveredelung

sprach Generaldir. Dr. Pott über die weitgehende Mechanisierung und Zentralisierung des Kokereibetriebes, wodurch zentrale Kokereien nach dem Verbundsystem und Regenerativbeheizung mit Leistungen bis zu 3000 t Koks an einem Tag und 450 Mill. m³ Gas im Jahre geschaffen wurden. Hand in Hand hiermit ist eine erhebliche Senkung der Selbstkosten und eine Steigerung der Leistung je Mann und Schicht von 3 bis 4 t Koks bei den früheren Normalkokereien auf 11 bis 18 t Koks gelungen. Wichtige Verbesserungen sind bei der Schwelung der Kohle (Geißen-Ofen), bei der Aufarbeitung der Nebenerzeugnisse der Steinkohlenschwelerei (Schwelbenzin) zu verzeichnen. Weiterhin ist es Rosin gelungen, dem Braunkohlen-Schwelkoks durch künstliche Alterung die Selbstentzündlichkeit zu nehmen. Der Steinkohlenbergbau schenkt der Gewinnung von synthetischem Ammoniak besondere Beachtung und hat sich entschlossen, eigene Anlagen zur Stickstoffgewinnung aufzubauen. Der hierfür notwendige Wasserstoff lasse sich billig aus dem Koksofengas gewinnen und auch für die Erzeugung künstlichen Öles nach dem Bergiusschen oder Fischerschen Verfahren verwenden. Zur erfolgreichen Lösung des Sortenproblems will der rheinisch-westfälische Steinkohlenbergbau durch die Ruhrgas-A.-G. seinen idealsten Brennstoff als Ferngas verkaufen und die schwer absetzbaren Sorten im Eigenbetriebe an Stelle des abgegebenen Gases verwenden. [N 1721] Prockat.

Maschinenteile

Umbau eines Seiltriebes in einen Riementrieb

Für eine richtig arbeitende Kraftübertragung mittels Seiltriebes müssen mancherlei Voraussetzungen geschaffen werden, die zwar bei Aufstellung des Triebwerkes voll, während des Betriebes aber wohl selten in ihrer Gesamtheit erfüllt werden können. So muß man z. B., um die vom Seil umschlungenen Bogen wegen der größtmöglichsten Umfangskraft recht groß zu gestalten, die Scheibendurchmesser sehr groß bemessen. Ferner müssen die Scheiben so genau bearbeitet sein, daß die theoretischen

RZ 1199 Z1

Abb. 5
Kraftübertragung mittels Seiltriebes, unwirtschaftlich, häufige Betriebstörungen.

RZ 1199 Z2

Abb. 6
Kraftübertragung mittels Riementriebes, Leistungserhöhung 10 bis 15 vH, größte Betriebsicherheit.

Seilmitten in einer Wagerechten liegen. Außerdem ist es unbedingt notwendig, daß das getriebene Seiltrum über dem treibenden zu liegen kommt, und besonderer Wert ist auf sorgfältig hergestellte Spleißstellen und gleichmäßige Seilspannung zu legen.

Gerade die beiden letzten Forderungen haben auf die Wirtschaftlichkeit der Kraftübertragung wohl den größten Einfluß. Die Seile, mögen sie noch so gut gereckt sein, längen sich im Betrieb doch noch, das eine mehr, das andre weniger, so daß sie also mit verschiedenen Geschwindigkeiten laufen. Diese ungleichen Geschwindigkeiten jedoch bewirken ein Gegeneinanderarbeiten der Seile, wodurch beträchtliche Leistungsverluste verursacht werden.

Sind die Achsenabstände bei Seiltrieben recht kurz oder schließen die Achsen mit der Wagerechten größere Winkel ein, so kann man unter Umständen selbsttätig spannende Seilrollen einbauen. Alte Seiltriebe mit hohen Energieverlusten oder solche, die unter ungünstigen Verhältnissen arbeiten, lassen sich zweckmäßig in neuzeitliche Riementriebe umwandeln.

Der Riemen ist, als Naturprodukt, wegen seiner unübertroffenen Geschmeidigkeit, seines großen Arbeitsvermögens bei weitem das wichtigste Zugorgan bei der mechanischen Kraftübertragung. Seine Verwendung verbürgt hauptsächlich dann eine große Wirtschaftlichkeit, wenn selbsttätig wirkende Spannrollentriebe eingeschaltet werden. So fallen z. B. die vor Anwendung der Spannrollen erforderlichen, nicht genau festzustellenden, hohen Vorspannungen beim Auflegen der Riemen fort, wodurch unnötige Belastungen der Lager vermieden und deswegen der ganze Antrieb in seiner Bauweise leichter gehalten werden kann.

Bei der Verwendung von Riementrieben sind ferner kürzere Achsenabstände möglich, so daß man kleine Baulängen der Anlage und damit eine Verminderung der Baukosten erzielt. Große Übersetzungsverhältnisse und senkrechte Anordnung der Riemen sind ohne weiteres ausführbar.

Der Riemenschlupf beschränkt sich beim Spannrollenbetrieb infolge des großen Umschlingungswinkels auf einen geringen Dehnungsschlupf, der höchstens rd. ½ vH beträgt, während er bei gewöhnlichen offenen Riementrieben bis auf 5 vH und darüber und bei ganz ungünstigen Übersetzungsverhältnissen und ungenügender Vorspannung unter Umständen so weit steigen kann, daß ein einigermaßen sicherer Betrieb unmöglich ist.

Abb. 5 zeigt den Seiltrieb einer großen rheinischen Spinnerei und Weberei, der binnen kurzer Zeit und ohne Betriebstörung in einen Riementrieb umgewandelt wurde, vor seinem Umbau. Von dem Schwungrad einer liegenden Dreifach-Expansions-Dampfmaschine, das als Seilscheibe mit zwölf Seilen ausgebildet war, werden im Mittel 560,87 PS_i auf die Seilscheibe der Haupttransmissionswelle übertragen. Die Seile hatten sich im Betrieb stark und ungleichmäßig gelängt. Von Zeit zu Zeit mußten daher, damit die Leistungsverluste nicht gar so groß wurden, die Seile gekürzt und neu gespleißt werden. Dies ließ sich nur bei einer vorübergehenden Stillegung des Betriebes ermöglichen.

Beim Umbau legte man über das Schwungrad und die Triebscheibe der Haupttransmissionswelle Stahlbänder von je 830 mm Breite und 5 mm Dicke. Zu gleicher Zeit wurde eine selbsttätig wirkende Spannrolle eingebaut. Diese Arbeiten wurden von besonders ausgebildeten Richtmeistern mit Sonderwerkzeugen innerhalb einiger Feiertage erledigt. Abb. 6 zeigt die in einen Riementrieb umgewandelte Anlage. In Abb. 7 sind die indizierten Leistungen vor und nach dem Umbau verglichen. Die Ersparnisse, die durch den Riementrieb erzielt wurden, betragen 60,81 PS_i = 10,8 vH. Das ergibt bei neunstündiger Arbeitzeit, 300 Arbeitstagen und 3,6 ₰/PS_i h rd. 6000 ℛℳ Ersparnis in einem Jahr. [M 1199]

Dessau Konrad Zapf

Abb. 7
Indizierte Leistung einer Dreifach-Expansions-Dampfmaschine bei Seilantrieb und bei Spannrollenantrieb von Arbeitsmaschinen. Leistungsersparnis 60,81 PS; bei 9 h/Tag, 300 Tagen im Jahr und 3,6 ₰/PSh, d. h. 6000 ℛℳ im Jahr unter sonst gleichen Verhältnissen (gleiche Belastung, gleiche Erzeugung), auch durch Überwachung des Dampfverbrauches bestätigt.

Feinmechanik

Die Lichtverluste in photographischen Objektiven[1])

Es ist ein Verfahren entwickelt worden, das das tatsächliche, photographisch wirksame Öffnungsverhältnis von Objektiven zu messen gestattet. Dieses Verhältnis ändert sich für die verschiedenen Spektralgebiete infolge der hier verschiedenen Absorption, so daß die mit dem Gerät gemessenen Werte streng nur für eine bestimmte Lichtart und eine bestimmte lichtempfindliche Schicht gelten. Zu den Messungen wurden Bogenlicht und zwei verschiedene Plattensorten verwendet, und zwar eine nicht farbenempfindliche Platte (Sigurd, photomechanisch) und eine farbenempfindliche Platte mit Gelbscheibe (Hauff, Flavin). Da einige Stichproben zeigten, daß die von den Herstellern angegebenen Öffnungsverhältnisse mit den tatsächlichen geometrischen Öffnungsverhältnissen nicht immer übereinstimmten, wurden diese nach bekannten Verfahren nachgemessen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen gibt Zahlentafel 1 wieder.

Zahlentafel 1. Nachprüfung des wirksamen Öffnungsverhältnisses von photographischen Objektiven.

Type	Angaben der Hersteller				Bogenlampe Sigurd-Platte		Bogenlampe Orthochr. *Pl* + Gelbscheibe	
	f nom. mm	*F* nom.	*f* mm	*F* geom.	Lichtdurchlässigkeit vH	*F* phot.	Lichtdurchlässigkeit vH	*F* phot.
Ernostar . . .	35	: 2,0	35,25	: 2,1	46,6	: 3,1	60,0	: 2,7
Rüo	35	: 2,0	36,0	: 2,48	58,1	: 3,26		
Ernostar . . .	50	: 2,0	51,1	: 2,4	43,6	: 3,65	58,5	: 3,15
Rüo	50	: 2,5	52,0	: 2,72	61,7	: 3,53		
Ertel	50	: 3,1	51,2	: 3,16	59,6	: 4,14		
Kinoplasmat .	50	: 1,5	52,0	: 1,76	38,7	: 2,82	65,2	: 2,18
Planar	75	: 4,5	75,8	: 4,1	52,2	: 5,65		
Doppelplasmat	105	: 4,0	103,9	: 3,92	40,0	: 6,2	60,5	: 5,05
Tessar	100	: 3,5	100,6	: 3,6	60,0	: 4,64		
Tessar	150	: 4,5	151,5	: 4,73	63,5	: 5,94	75,0	: 5,47
Dogmar	150	: 4,5	150,8	: 4,64	52,7	: 6,39	60,5	: 5,97
Dagor	150	: 6,8	152,4	: 7,22	64,5	: 8,97		
Dynar	135	: 6,0	139,4	: 6,48	64,7	: 8,06		
Progressar . .	135	: 6,5	136,0	: 6,0	54,1	: 8,14		
Collinear . . .	(122,5)	: 6,3	123,5	: 6,33	53,4	: 8,67		
Cook, Aviar . .	209,4	: 4,5	215,8	: 4,7	49,7	: 6,65		
Hypergon . . .	—	—	93,0	: 20,7	69,4	: 24,8		
Goerz, Doppel-Anastig. . .	300	: 11,0	305,0	: 11,5	67,6	: 13,4		

Diese Tafel zeigt, daß das photographisch wirksame Öffnungsverhältnis sich nicht verhältnisgleich mit dem geometrischen Öffnungsverhältnis ändert. Nur bei Objektiven von der gleichen Anordnung ändern sich beide Größen annähernd in dem gleichen Verhältnis. Je verwickelter der Bau eines Objektives ist, d. h. besonders je mehr Flächen gegen Luft vorhanden sind, um so geringer ist die Lichtdurchlässigkeit des Objektives. Deshalb ist der Lichtgewinn der neuzeitlichen übermäßig lichtstarken Objektive mit verwickelterem Bau (Ernostar, Plasmat) gegenüber den lichtschwächeren, aber einfacher gebauten älteren Objektiven (Tessar, Rüo) nicht so groß, wie er nach dem geometrischen Öffnungsverhältnis zu erwarten ist. Z. B. beträgt die photographische Helligkeitssteigerung eines Ernostar mit der Nennöffnung 1 : 2 gegen ein Tessar mit der Nennöffnung 1 : 3,5 nicht 3,06 : 1, sondern nur 2,24 : 1. [N 1286]

Berlin R. Thun

[1]) C. Forch und E. Lehmann. Mitteilungen aus der staatlichen Prüf- und Versuchsanstalt für Kinotechnik. „Die Kinotechnik", Jg. 10 (1928) S. 3.

Berichtigung

Einfluß des Sauerstoffs auf die Zündung flüssiger Brennstoffe

In der Unterschrift zu Abb. 10 bis 12 in Z. Nr. 24 S. 859 muß es 1 at heißen statt 10 at.

Kleine Mitteilungen

Dampfkesselfeuerungen in Elektrizitätswerken

Auf einer Tagung der Institution of Electrical Engineers berichtete F. H. Rosencrants über Fortschritte im Bau und Betrieb von Dampfkesselfeuerungen. Die neuzeitlichen Kessel arbeiten mit 87 bis 89 vH Wirkungsgrad und können daher in thermischer Hinsicht nur noch unwesentlich verbessert werden. Dagegen erzielt man noch dauernd Fortschritte rein konstruktiver Art, vor allem in der Verbilligung der Anlage- und Instandhaltungskosten durch bauliche Verbesserungen. Umwälzend hat die Einführung der Kohlenstaubfeuerung gewirkt, nicht nur dadurch, daß es so erst möglich wurde, Kessel von sehr großer Leistung zu bauen, sondern auch wegen der mittelbaren Einwirkung auf den Bau von Rostfeuerungen, die heute hinsichtlich Leistung, Anpaßfähigkeit an Belastungschwankungen, Wirkungsgrad usw. kaum noch hinter den Staubfeuerungen zurückstehen. Die Frage, ob Sammelmahlanlagen oder Einzelmühlen bei Staubfeuerungen zweckmäßiger sind, ist heute noch nicht entschieden. Für sehr große Kessel scheinen sich im allgemeinen Einzelmühlen trotz ihrer großen Vorteile (billig, einfach zu bedienen, geringer Platzbedarf usw.) nicht zu bewähren. W. T. Townend wies in einem zweiten Vortrag darauf hin, daß die Dampferzeugung durch Verwendung von Abfallbrennstoffen und Abhitze wesentlich verbilligt werden kann. Er empfahl statt der heute vielfach gebauten Großkraftwerke die Kupplung mehrerer kleiner, an Koksofen- und Hochofenanlagen angeschlossener Elektrizitätswerke, wobei Gasmaschinen, die mit Abfallgasen betrieben werden, die Grundlast, Dampfkraftanlagen, in denen Abfallbrennstoffe verfeuert werden, die Spitzenlast übernehmen könnten. („Engineering" 15. Juni 1928 S. 742) [N 1776 a] Pt.

Lokomotiv-Zusatzmaschine für beide Fahrtrichtungen

Die bisherigen in Amerika vielfach verwendeten Zusatzmaschinen (boosters), die man auch auf Tenderachsen arbeiten läßt, wirkten bisher nur in einer Fahrtrichtung. Die Franklin-Railway Supply Co. hat nun eine Zusatzmaschine für beide Fahrtrichtungen herausgebracht. Die Dampfmaschine selbst läuft wie bisher nur in einer Richtung, und die betreffende Lokomotiv- oder Tenderachse erhält ihren Antrieb je nach Bedarf über ein oder zwei zwischengeschaltete Zahnräder, die in einem um die Welle der Hilfsmaschine drehbaren Rahmen gelagert sind. Das Ritzel von 14 Zähnen auf der Maschinenwelle und ein Zwischenzahnrad von 25 Zähnen bleiben stets im Eingriff. Für Vorwärtsfahrt wird der Rahmen nach unten geschwenkt, so daß das 25zähnige Rad mit dem 38zähnigen Triebzahnrad auf der Lokomotivachse in Eingriff kommt. Für Rückwärtsfahrt wird der Rahmen gehoben, und ein mit dem 25zähnigen Rad stets in Eingriff befindliches Rad von 17 Zähnen kommt mit dem Triebzahnrad in Eingriff. Bewegt wird dieser Rahmen mittels Druckluft.

Die Zahndrücke tragen dazu bei, die Räder in der jeweiligen Fahrtrichtung in Eingriff zu halten, während bei Abschalten der Hilfsmaschine die Zahnräder von selbst außer Eingriff kommen. Entsprechende Verriegelungen verhindern ein Einschalten der falschen Bewegungsrichtung. („Railway Age" 1. Mai 1928 S. 1109) [N 1776 b] M.

Japans Eisenbahnen nach dem großen Erdbeben 1923

Etwa fünfzig Bahnhöfe fielen bei dem Erdbeben im September 1923 dem Feuer oder sonstigen Zerstörungen zum Opfer, 80 Dampf- und elektrische Lokomotiven und rd. 1000 Wagen wurden vollkommen zerstört. Trotz dieser außerordentlichen Verluste, des Betriebsausfalls auf den zerstörten Strecken und der Lasten für den Wiederaufbau hatten die japanischen Eisenbahnen in den folgenden Jahren Gewinne zu verzeichnen, wozu nicht zum wenigsten der Personen- und Baustoffverkehr nach den zerstörten Gebieten beitrug. Japan hat heute ein Eisenbahnnetz von 14 200 km, auf dem im Geschäftsjahr 1926/27 740,33 Mill. Personen und 73,6 Mill. t Güter befördert wurden.

Der Fahrzeugpark umfaßt gegenwärtig 3911 Dampflokomotiven und rd. 70 000 Wagen. Die Umstellung auf elektrischen Betrieb erlitt allerdings infolge des Erdbebens eine Unterbrechung. Da aber dessen Folgen bald als beseitigt gelten können, werden auch hier die Bauvorhaben wieder in Gang kommen. Umgestellt sind bereits rd. 100 km, geplant sind weitere rd. 420 km. („Railway Age" 9. Juni 1928 S. 1342*) [N 1776 c] Ro.

Großdiesellokomotive

Im Zusammenhang mit Berichten über Betriebsergebnisse von Dieseltriebwagen der Kanadischen Eisenbahnen wird der bevorstehende Bau einer großen Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung für 2500 PS genannt. Sie soll die Achsfolge 2 D 1 + 1 D 2 erhalten, die Länge wird 28,5 m, das Gewicht 320 t, die Zugkraft 54 000 kg betragen. Auftraggeberin ist die genannte Bahn, die Dieselmotoren wird die Beardmore-Gesellschaft liefern, in den Bau der Lokomotive selbst werden sich verschiedene amerikanische Werke teilen. („Railway Age" 9. Juni 1928 S. 1323*) [N 1776 d] Ro.

Staubkohlenheizung für Kuppelöfen

Bei dem mit Staubkohle geheizten Kuppelofen der American Radiator Co., Springfield, wird das Eisen mit einer Koksbegichtung von nur 2 bis 4 vH geschmolzen, während die Staubkohle in einer Verbrennungskammer außerhalb des Ofens entzündet wird und nur die heißen Verbrennungsgase durch die Beschickung gehen. Die Koksbegichtung ist hierbei Reduktionskohle und die Staubkohlenfeuerung liefert die Schmelzwärme. Wegen der besseren Temperaturregelung kann der Kohlenstoffgehalt des Eisens gleichmäßiger werden; da der Kokszusatz geringer ist, ist auch der Gesamtkohlenstoffgehalt niedriger; aus demselben Grund ist auch die Schwefelaufnahme geringer und daher sind die Festigkeitseigenschaften des erschmolzenen Eisens besser. Vergleichsversuche haben ergeben, daß die Schwefelaufnahme im Staubkohlen-Kuppelofen um 20 bis 30 vH geringer ist als im gewöhnlichen Kuppelofen; dabei sollen die Brennstoffkosten nur 2,81 ℛℳ gegen 5,67 ℛℳ betragen. („The Iron Age" 7. Juni 1928 S. 1593) [N 1776 e] Ste.

Regelung der Verbrennung im Kuppelofen durch Hilfswinddüsen

Die Hilfswinddüsen neben dem Winddüsenring nach dem Poumay-Verfahren zum Regeln der Verbrennung im Kuppelofen sollen dazu beitragen, daß der Koks vollständig zu CO_2 verbrennt, da bei den gewöhnlichen Bauarten die abziehenden Gase meist gleiche Mengen CO und CO_2 enthalten. Die Hauptwinddüsen sind so eingestellt, daß in der Schmelzzone reduzierende oder zum mindesten neutrale Atmosphäre herrscht; im Schacht oberhalb der Schmelzzone muß dagegen eine oxydierende Atmosphäre vorhanden sein, damit das Kohlenoxyd vollkommen verbrennt. Jede Haupt- und Zusatzwinddüse hat daher eine Regelvorrichtung. Die Zusatzwinddüsen sind schraubenförmig um den Schacht herum angeordnet.

Der Schmelzkoksverbrauch betrug bei einer Anlage vor Anwendung der Hilfsdüsen beim Beschicken des Ofens mit 75 vH Stahlschrot und 25 vH Hämatiteisen 13 bis 14 vH, und mit Hilfsdüsen nur 9 bis 9½ vH. Das ergibt eine Ersparnis von 32 vH, während die Leistung des Ofens um 22 vH erhöht wurde. Bei einem andern Kuppelofen wurde durch die Hilfsdüsen der Brennstoffverbrauch von 10 vH auf 7,17 vH verringert, während die Erzeugung von 10,52 auf 13,16 t/h stieg. Der Schwefelgehalt verringerte sich von 0,068 vH auf 0,052 vH; die Eisentemperatur war höher. Der CO-Gehalt der Abgase sank von 10,5 vH auf 0,15 vH, der CO_2-Gehalt stieg von 12,3 vH auf 18,0 vH. Bei dieser Anlage wird das erschmolzene Eisen in der Pfanne durch Zusatz von Soda entschwefelt. Auf diese Weise soll der Schwefelgehalt um 40 bis 50 vH verringert werden; der Schwefel geht als Natriumschwefelsilikat in die Schlacke und wird mit dieser abgeschöpft. („Engineering" 15. Juni 1928 S. 744) [N 1776 f] Ste.

Die Rundfunkindustrie der Vereinigten Staaten von Amerika

In der Rundfunkindustrie der Vereinigten Staaten werden rd. 320 000 Menschen beschäftigt; der Umsatz an Rundfunkgerät betrug dort im Jahre 1927 rd. 2,1 Millarden ℛℳ. Von rd. 28 Mill. Haushaltungen haben rd. 10 Mill. Empfangsgeräte; es ist also immer noch ein großes Absatzgebiet vorhanden. Netzanschluß-Geräte werden immer mehr verwendet; man hat festgestellt, daß dadurch im Mittel 8 kWh monatlich dem Leitungsnetz entnommen werden; d. s. rd. 25 bis 40 vH des Strombedarfes, den die Strombezieher ohne das Netzanschluß-Empfangsgerät monatlich bezogen haben. Den Elektrizitätswerken können diese Geräte also eine beachtenswerte Zunahme des Stromabsatzes bringen. („Electrical World" 9. Juni 1928 S. 1225) [N 1776 g] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Das Selbstkostenwesen auf Eisenhüttenwerken. Von K. Rummel. Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. Textbd. 87 S. Tafelbd. 8 Taf. Preis zus. 18 ℳ.

Das Büchelchen gibt in gedrängter Übersicht die Ergebnisse der Verhandlungen des Selbstkosten-Ausschusses beim Verein deutscher Eisenhüttenleute. In gewohnter Weise versteht es der Verfasser, aus dem vielgestaltigen, umfangreichen, nicht immer ganz einfachen Stoff, in enger Verknüpfung von Theorie und Praxis die klare Linie herauszuschälen und daran die Erörterung der grundlegenden Gesichtspunkte anzuhängen. Besonders seien Ingenieuren wie Kaufleuten das kurze Einführungswort des Verfassers empfohlen, das von beiden Seiten in seiner praktischen Bedeutung gar nicht überschätzt werden kann. Unter den Mitarbeitern hätte auch Dipl.-Kaufmann Steinhaus vom Stahlwerk Becker erwähnt werden müssen.

Auf eine grundsätzliche Unklarheit sei kurz hingewiesen. Die auf Seite 19 erwähnten „zwei Lesarten" in bezug auf das Wort „Betriebsgemeinkosten" ergeben sich nur deswegen, weil der Verfasser den Standpunkt und den Gesichtskreis nicht scharf abgrenzt. Der auf der vorhergehenden Seite klar und scharf erfaßte Begriff der „Gemeinkosten" darf natürlich immer nur innerhalb ein und desselben Kontos angewandt werden, keinesfalls — wie es der Verfasser tut — über die Grenze eines Kontos hinaus auf „überbetriebliche Kosten", also auf andre Konten übergreifen. Diese „überbetrieblichen Kosten" bilden natürlich für sich eine Kostenstelle (Konto); der Verantwortung halber muß man festhalten, daß solche Kosten immer zunächst auf einem Konto gesammelt werden und erst von da durch einen Kostenträger weitergetragen werden. Aus der gleichen Unklarheit heraus ist auf Seite 23 der „Betrieb als Kostenträger" angesehen.

Ich möchte den Fachleuten noch dringend empfehlen, bei der Namengebung für die vielen neuartigen und schwierigen nichtgeläufigen Begriffe dem Nichtfachmann mehr Rechnung zu tragen und anschauliche Worte zu wählen, die von sich aus schon eine dunkle Vorstellung des Begriffes vermitteln. Ferner empfiehlt sich, für denselben Begriff stets nur ein und dasselbe Wort zu gebrauchen. So werden „Intensität", „Leistungsfaktor", „Rührigkeit" (Seite 69), „Anstrengungsgrad", „Rührigkeitsfaktor", „Belastungsfaktor" (Seite 63) für denselben Begriff gebraucht. Rührigkeit gibt zweifellos die beste Anschauung für den Begriff.

Das Büchelchen ist ganz vorzüglich geeignet, dem, der nicht Sonderfachmann ist, eine klare Vorstellung des ganzen Gebietes und aller auftauchenden Fragen zu vermitteln. Auch der Sonderfachmann wird es mit Nutzen zur Hand nehmen. Die Beschaffung kann jedem, der mit diesen Dingen in Berührung kommt, nur empfohlen werden.

[E 1565] Schönberger

Handbuch für Eisenbetonbau. 12. Bd. 2. T.: **Dachbauten, Schalen und Rippenkuppeln.** Bearb. von H. J. Kraus und Fr. Dischinger. Berlin 1928, Wilh. Ernst & Sohn. 378 S. m. 560 Abb. Preis 28 ℳ.

Das Kapitel „Dachbauten", das in früherer Auflage von Prof. Mautner bearbeitet war, ist von H. J. Kraus vollständig umgearbeitet und teilweise mit neuen Beispielen versehen worden. Leider ist dabei sehr häufig auf die frühere Auflage und die dort gebrachten Beispiele einfach hingewiesen worden. So kommt es, daß manches viel zu kurz behandelt worden ist. Die Anwendung der Steineisendecken im Dachbau ist nur gestreift, der neuzeitliche Glaseisenbeton auf einer Seite behandelt. Besonders zu bedauern ist, daß der in der früheren Auflage vorhandene statische Abriß aus der Feder von Prof. Domke fortgefallen ist. Dieser soll allerdings in einem andern Bande des Handbuches wieder erscheinen.

Das zweite Kapitel über „Schalen und Rippenkuppeln" hat in Fr. Dischinger einen ausgezeichneten Bearbeiter gefunden. Zunächst wird die Theorie sowohl für dünnwandige wie für biegungsfeste Kuppeln hergeleitet. Fußend auf den Arbeiten von Reißner, Föppl u. a. hat Dischinger in Verbindung mit Geckeler ein für praktische Zwecke brauchbares Näherungsverfahren entwickelt. Im Mittelpunkt der Erörterungen stehen die Zeiß-Dywidag-Kuppeln, die in den letzten Jahren beim Bau der Planetarien häufig ausgeführt worden sind.

Schließlich wird noch ein ganz neuer Bauteil behandelt, nämlich das Zeiß-Dywidag-Tonnengewölbe. Diese Schalen spannen sich über einen rechteckigen Grundriß, liegen aber nicht in einer Kämpferlinie auf, sondern nur in einigen gegenüberliegenden Punkten, die durch eine Binderscheibe verbunden sind. Es liegt also gewissermaßen ein großer Plattenbalken vor, dessen Spannweite die Längsachse der Tonne ist. Dieser neue Baugedanke ist sehr fruchtbar und wird soeben bei verschiedenen Hallenbauten in die Tat umgesetzt. [E 1595] Birkenstock

Die Gewebeherstellung. Von Heinrich Brüggemann. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 179 S. m. 7 Taf. Preis 15 ℳ.

Der bekannte Verfasser beschäftigt sich in diesem Werke nicht, wie dem Titel nach angenommen werden könnte, mit der Gewebeherstellung im allgemeinen, sondern ausschließlich mit Haargeweben, besonders mit Roßhaargeweben.

Das im Vergleich zu andern tierischen Fasern spröde und harte Roßhaar erfordert wegen seiner beschränkten Länge und seiner sonstigen Eigenschaften, die das Verspinnen in der Art der Wollspinnerei unmöglich machen, eine ganze Reihe von Vorarbeiten zur Herstellung von langen Fäden und ebenso ganz andre Maschinen für die Gewebe. Nach einer Übersicht über die Rohstoffe geht der Verfasser auf Form, Bau und Aussehen des Pferdehaars ein, sowie auf seine physikalischen und chemischen Eigenschaften, auch im Alter und bei Krankheiten, und auf sein Verhalten gegenüber äußeren Einflüssen. Eine kurze Betrachtung ist dem künstlichen Roßhaar gewidmet, das aus pflanzlichen Stoffen besteht und ganz andre Eigenschaften als das natürliche Roßhaar hat.

Dem Gange der Verarbeitung folgend schildert der Verfasser die Zubereitung der Haare, ihre Einteilung und den Handel, ferner die als Roßhaarspinnerei bezeichnete Vereinigung der Haare durch Umwickeln bis zum fertigen endlosen Faden, der für die Verarbeitung im Webstuhl geeignet ist. Hieran schließt sich die Schilderung der einzelnen Vorgänge bei der Gewebeherstellung auf dem Handwebstuhl und den verschiedenen Roßhaar-Kraftwebstühlen, der hauptsächlich angewendeten Bindungen, der sonstigen zur Weberei mit verwendeten Textilgarne und der verschiedenen Verwendungen der fertigen Gewebe.

Alle Arbeitsstufen werden bis ins einzelne besprochen und durch zahlreiche Abbildungen auf 7 Tafeln klar erläutert. Dem Studierenden, Praktiker und sonstigen Interessenten ist dadurch Gelegenheit gegeben, die Arbeitsmethoden und Arbeitsformen leicht zu übersehen, ihren Wert kennen zu lernen und selbständig zu beurteilen.

In einem beigegebenen Abschnitt „Auskunft" sind weniger bekannte technische Begriffe und Ausdrücke ausführlich erläutert. Das aus den Vorlesungen des Verfassers an der Technischen Hochschule zu München hervorgegangene Werk kann als Lehr- und Nachschlagewerk über das in der Textilliteratur bisher nicht bearbeitete Gebiet der Roßhaarweberei bestens empfohlen werden.

[E 1544] E. Flg.

Verzeichnis berechneter Funktionentafeln. Herausgeg. vom Institut für angewandte Mathematik an der Universität Berlin. 1. T. Besselsche, Kugel- und elliptische Funktionen. Berlin 1928, VDI-Verlag. 30 S. Preis 3,50 ℳ, für Mitglieder des V. d. I. 3,15 ℳ.

Das Verzeichnis ist bei schwierigen technisch-wissenschaftlichen Berechnungen vor allem für den Elektrotechniker, Statiker und Wärmefachmann eine unentbehrliche Hilfe. Es faßt die im Schrifttum verstreuten Zahlenwerte über Besselsche, elliptische und Kugelfunktionen mit kritischen Hinweisen auf die Quellen zusammen. Fortlaufende Ergänzungen in der „Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik" werden dafür sorgen, daß das Verzeichnis der Tafeln auf der Höhe der Neuberechnungen bleibt. [E 1621] Heyer

Die Technik der Auto- und Kutschenlackierung im Einzel- und Massenbetrieb. Von Charles E. Oliver, übersetzt von Hans Wolff. Berlin, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 250 S. m. 33 Taf. u. 26 Abb. Preis 20 ℳ.

Um es gleich zu sagen, weder außen noch innen findet man auf dem Buche die Jahreszahl des Erscheinens. Dabei spricht aber der Übersetzer, der Herausgeber und der englische Verfasser von „neuesten Fortschritten", „heutiger Lackierweise", „letzten Jahre", „heutigen Bedingungen der Lackierung" usw. Wie soll der neu herantretende Leser sich über den Zeitwert des Buches unterrichten? Das Fehlen der Erscheinungsangabe wirkt ungünstig.

Der Inhalt behandelt die Lackiertechnik sehr eingehend bis in die kleinsten Einzelheiten. Sehr anschaulich sind die zahlreichen Bilder von Werkstatteinrichtungen, Werkzeugen, Ausführungsweisen, Handgriffen usw. Der Kleinbetrieb wie der Riesenbetrieb mit 400 Wagen täglich finden sehr viele Anregungen und Winke. [E 1563] Adr.

Petroleum-Vademecum. 5. Ausg. Herausgeg. von Robert Schwarz. Berlin und Wien 1928, Verlag für Fachliteratur. 457 S. Preis 15 ℳ.

Das in drei Sprachen (deutsch, englisch, französisch) erscheinende Handbuch kann allen in der Mineralölwirtschaft tätigen oder an ihr beteiligten Personen dienlich sein. Die vorliegende fünfte Auflage ist durch Rückfragen in der Praxis weiter verbessert und ergänzt; neu bearbeitet ist der Abschnitt über Zolltarife. Wichtige Ergänzungen enthalten die Umrechnungstafeln und Maßvergleiche. Wesentlich erweitert und durch Beifügung von Schaubildern eindringlich gestaltet ist die nahezu ⅓ des Buchumfangs füllende Statistik über Preise, Erzeugung, Ein- und Ausfuhr und Verbrauch von Mineralölen aller Länder.

Das Buch dürfte insbesondere der internationalen Verständigung und den Handelsbeziehungen dienen und die gleiche günstige Aufnahme in der Fachwelt finden wie seine Vorgänger. [E 1574] A. Faber

Der technische Zeichner. Herausgeg. v. L. I. Kaiser, Berlin 1928, Beuth-Verlag. 64 S. m. Abb. Preis 2,50 ℳ.

Aus der Fülle von Lehrbüchern dieser Art hebt sich das vorliegende Büchlein durch das reichere Material an Beispielen gegenüber dem Text vorteilhaft heraus. Es soll den technischen Zeichner darüber unterrichten, welche Richtlinien und Normen er bei der Anfertigung von Zeichnungen für Diapositive und Druckstöcke zu berücksichtigen hat. Auf 18 Tafeln wird ferner die schräge Blockschrift nach DIN 16 behandelt, dann die genormten Formel- und Kurzzeichen, Schraffuren zur Werkstoffkennzeichnung und Musterzeichnungen für Technik und Kunstgewerbe.
[E 1592] Hblr.

Technisches Jahrbuch für das Graphische Gewerbe Band 1927. Bearb. von August Stecker. Wilhelmshaven 1927, August Stecker & Co. 312 S. m. Abb. Preis 6 ℳ.

Der Inhalt dieses als erste Ausgabe erscheinenden Bandes bringt in mehreren Aufsätzen Berichte über Neuerungen an Druck- und Setzmaschinen. Wenngleich die Aufsätze z. T. wie Eigenberichte der herstellenden Firmen anmuten, bringt das Buch dem Fachmann doch vieles, was er sich sonst mühsam aus Prospekten heraussuchen muß, um sich ein Bild vom neuesten Stande der Entwicklung drucktechnischer Maschinen, Geräte und Materialien zu machen.

Behandelt werden neben dem Gebiet der Galvanoplastik und Stereotypie, der Reproduktionstechnik und des Schriftgusses auch das Gebiet der Tüten- und Beutelfabrikation, die maschinellen Einrichtungen für Buchbinderei und Papierverarbeitung, an Einzelheiten die Anwendung von Wälzlagern in Schnellpressen, der Papierrollenantrieb in Rotationsmaschinen, der Falzapparate usw. Bei den Setzmaschinen vermißt man die in Deutschland stark verbreitete Typograph-Maschine.

Die Ausstattung des Buches entspricht nicht voll den Erwartungen, die man an ein Werk aus dem graphischen Gewerbe stellen muß. Neben vielen Satzfehlern ist die wenig gute Bildwiedergabe, die teilweise vignettenhaft kleine Darstellungen von Maschinen neben übergroßen bringt, zu bemängeln.
[E 1564] W. Birkner

Das Geschütz im Mittelalter. Von Bernh. Rathgen. Berlin 1928, VDI-Verlag. 718 S. m. 56 Abb. Preis 50 ℳ, für Mitglieder des V. d. I. 45 ℳ.

Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln. Aufgest. und herausgeg. von dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, und dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik (Ausschuß IX). 5. Aufl. Düsseldorf 1928, Verlag Stahleisen. 91 S. m. 9 Abb. Preis 5 ℳ.

Two Essays in Early Locomotive History. Von C. F. Dendy Marshall. London 1928, The Locomotive Publishing Company, 120 S. m. 23 Abb. Preis 12 sh 6 d.

100 Jahre Friedr. Thomée. 1827—1927. Ein Festbuch. Bearb. von H. F. Thomée, Werdohl. 153 S. m. 69 Abb. Selbstverlag. In Kommission bei O. Hammerschmidt, Hagen i. W.

Deutsches Museum: **Ratschläge für Schülerfahrten zum Deutschen Museum in München.** Von Herm. Weinreich. München 1928, Deutsches Museum. 30 S. m. 11 Abb. Preis 0,30 ℳ.

Hauptfragen der Reichsbahnpolitik. Von Kurt Giese. Berlin 1928, Julius Springer. 186 S. Preis 15,50 ℳ.

Griechenlands wichtigste Handels- und Industrie-Firmen 1928. Adreßbuch. Herausgeg. von der Griechischen Handelskammer in Deutschland. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 131 S. Preis 10 ℳ.

Allgemeine Volkswirtschaftslehre. Von Adolf Weber. München und Leipzig 1928, Dunker & Humblot. 526 S. Preis 16 ℳ.

Gesammelte Abhandlungen. Von Ernst Abbe. 4. Bd. 1. Hälfte: **Die Entstehung des Glaswerks von Schott & Gen.** Jena 1928, Gustav Fischer. 146 S. m. Abb. Preis 9 ℳ.

Handbuch der Landmaschinentechnik. Von Georg Kühne. 1. Bd. 1. Lfg.: **Die Geräte und Maschinen zur Bearbeitung des Bodens mit Gespannkraft und mit motorischem Seilzug.** Berlin 1928, Julius Springer. 132 S. m. 313 Abb. Preis 18 ℳ.

Jedermanns Bücherei: **Textilwirtschaft.** Von Werner Hagemann. Breslau 1928, Ferdinand Hirt. 124 S. Preis 3,50 ℳ.

Die deutsche Wirtschaft und ihre Führer, 5. Bd.: **Die Hansestädte Hamburg, Bremen, Lübeck.** Von O. Mathies, H. Entholt u. L. Leichtweiß. Gotha 1928, Flamberg Verlag. 265 S. Preis 9 ℳ.

Taylorix-Schrift 3.: **Fließarbeit in der Abrechnung der Betriebs- und Haupt-Buchhaltung.** Von Hermann Reisberg. 2. Aufl. Stuttgart 1928, Taylorix-Organisation. 20 S. m. 1 Skizze. Preis 1,50 ℳ.

Taylorix-Schrift 5: **Taylorisierte Betriebs- und Anlagen-Buchhaltung** mit täglicher Erfassung und Verrechnung der Gestehungskosten. Von Georg Clemens. Stuttgart 1927, Taylorix-Organisation. 40 S. m. 8 Abb. Preis 3,50 ℳ.

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung. 8. H.: **Gewerbliche Ohrenschädigungen und ihre Verhütung.** Von Dr. Peyser u. Dr. Maué. Berlin 1928, Julius Springer. 39 S. Preis 2,80 ℳ.

Die Bibliotheken der deutschen technischen Hochschulen. Von Paul Trommsdorff. Berlin 1928, VDI-Verlag. 32 S. Preis 2,50 ℳ. Für Mitglieder des V. d. I. 2,25 ℳ.

Behandlung der Rheinisch-Westfälischen Städtebahn in einigen Fachzeitschriften: **Gewähr oder Ablehnung freier Meinungsäußerung.** Von Dr. G. Kemmann. Berlin-Grunewald 1928, Wernerstr. 12. 40 S. m. Abb. Nicht im Buchhandel.

Tagblatt-Bibliothek Nr. 606/610. **Chemisch-Technisches Taschenlexikon.** Von Georg Schluck. Wien 1928, Steyrermühl-Verlag. 224 S. Preis 2 ö. Sch.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 14. JULI 1928 Nr. 28

Der Ingenieurtag in Essen

67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Sonnabend, den 9., bis Montag, den 11. Juni 1928

Die Bedeutung der Hauptversammlung und ihr Verlauf — Ausstellung „Kunst und Technik" — Fachsitzungen und andre Fachveranstaltungen — Wissenschaftliche Verhandlungen: Begrüßungsreden, Grashof-Denkmünze, Ansprache des Vorsitzenden und Vorträge — Gemeinsames Essen — Besichtigungen — Gedenkfeier für Trappen — Ausstellung der Geschäftstelle.

Der Verein deutscher Ingenieure hat in den 72 Jahren seines Bestehens zum ersten Male seine Hauptversammlung in Essen abgehalten. Der Ruf der Stadt als Geburtstätte der Kruppschen Gußstahlfabrik und als Stadt der Kohle, ihre Lage inmitten des rheinisch-westfälischen Industriegebietes, wo besonders viele Mitglieder des Vereines wohnen und das den von ferne Kommenden die beste Gelegenheit zu Besichtigungen industrieller Werke und von Ingenieurbauten bieten konnte, diese Umstände wirkten zusammen, um rd. 2500 Hauptversammlungsteilnehmer nach Essen zu ziehen. Wohl haben die Stadt selbst und ihre nähere Umgebung viele Teilnehmer gestellt, aber kaum weniger groß war — wie immer bei den Hauptversammlungen des Vereines — die Zahl der Besucher aus dem ganzen Reich. Auch aus dem befreundeten Deutsch-Österreich, sowie aus dem europäischen und überseeischen Ausland waren Gäste oder Mitglieder erschienen.

Im Laufe der Zeit ist, dem Wachsen des Vereines entsprechend, aus den Hauptversammlungen mehr geworden als eine Vereinsangelegenheit, auch mehr als lediglich eine Ingenieurangelegenheit. Zwar sind die fachlichen Erörterungen durchaus nicht in den Hintergrund getreten; im Gegenteil, die große Zahl der Teilnehmer an den Fachsitzungen zeigte, welche Bedeutung diese Fachvorträge für die Ingenieure haben, geben sie doch einen wichtigen Einblick in die heutige technische Entwicklung. Aber hierüber hinaus geht die Bedeutung der Hauptversammlung als einer gewaltigen Kundgebung der deutschen Ingenieure für die Gemeinschaftsarbeit zur Förderung der deutschen Technik und damit zum Wohle des ganzen deutschen Volkes. Aus allen Reden zur Hauptversammlung ging deutlich hervor, daß man eingesehen hätte, wie den Ingenieuren und ihrer Arbeit wohl in erster Linie das neue Wachsen des deutschen Ansehens in der Welt zu danken ist.

Ausstellung „Kunst und Technik"

Den feierlichen Auftakt der Hauptversammlung bildete am 8. Juni die Eröffnung der von der Stadt Essen und dem Verein deutscher Ingenieure veranstalteten Ausstellung „Kunst und Technik". Hier sprachen der Oberbürgermeister der Stadt Essen, Staatssekretär a. D. Bracht, sowie der Vorsitzende des Vereines deutscher Ingenieure, Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. Wendt, und in einem Vortrage ging Museumsdirektor Gosebruch, Essen, näher auf die Ausstellung ein. In dem von Prof. Körner, Essen, entworfenen Erweiterungsbau des Städtischen Folkwang-Museums waren ausgewählte Kunstwerke, soweit sie die Technik betrafen, ausgestellt: Bildnisse und Plastiken bedeutender Männer der Technik und der Industrie, Bildwerke, zu denen die Technik die Motive geliefert hatte, ferner künstlerische Urkunden und Denkmünzen über technische Leistungen. Die Ausstellung zeigte deutlich, in welchem Maße die Technik auf die Kunst befruchtend gewirkt hat.

Fachsitzungen

Die wissenschaftlichen Arbeiten wurden Freitag, den 8. Juni, mit zwei Fachsitzungen eingeleitet: in der Fachsitzung „Dampftechnik" beschäftigte man sich mit Fragen des Speisewassers und des Kesselsteines[1]).

Die Fachsitzung „Schweißtechnik" brachte Berichte über neue Versuche und Fortschritte mit der Gasschweißung, über Untersuchungen am Schweißlichtbogen und über das für die Entwicklung der Schweißtechnik sehr wichtige Gebiet der Untersuchung von Schweißungen mit Röntgenstrahlen. Große Beachtung fanden ein für ultrarote Strahlen empfindlicher Film und ein Zeitlupenfilm, mit denen die Vorgänge im Schweißlichtbogen erstmalig einem größeren Kreise vorgeführt werden konnten. Die Vorträge und Filmvorführungen wurden ergänzt durch praktische Beobachtungen der Schweißlichtbogen in der neu eröffneten Schweißwerkstatt der Maschinenbauschule in Essen.

Am Sonnabend fanden fünf weitere Fachsitzungen statt: Der Schnellauf der Dieselmaschinen, insbesondere für Fahrzeuge, und Untersuchungen an Zylindern von luftgekühlten Flugmotoren bildeten den Inhalt der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren", in der außerdem ein Bericht über die Entwicklung des Kohlenstaubmotors gegeben wurde, der allenthalben größte Beachtung fand.

Die Fachsitzung „Betriebstechnik" diente dem Ziel, den Ingenieuren einige neue Winke zur Vermeidung von Verlusten und zur Erhöhung des Wirkungsgrades der technischen Betriebsführung zu geben; die Betriebswirtschaft in Eisenhüttenwerken und in Instandsetzungswerkstätten bildete den Stoff der beiden ersten Vorträge; der dritte Vortrag brachte ein Beispiel, wie man auf Grund planmäßiger Untersuchungen Verluste bei der Lagerung umladeempfindlicher Schüttgüter vermeiden kann, eine Aufgabe, die für die im Industriegebiet sehr umfangreiche Lagerung und Verladung von Kohle und Koks wichtig ist.

In der Fachsitzung „Metallkunde" trug man den Ingenieuren das namentlich für die Fertigung größerer Mengen wichtige Vergießen von Nichteisenmetallen in Dauerformen vor und behandelte hierfür den Aluminiumkokillenguß und den Spritzguß.

Einen ersten Versuch, die Ingenieure auf ein Gebiet hinzuweisen, das von ihnen trotz seiner hohen Wichtigkeit etwas stiefmütterlich behandelt war, stellte die Fachsitzung „Vertrieb" dar. Sie zeigte u. a., wie die Erforschung und Beobachtung der Märkte die Grundlage eines richtigen Herstellungsplanes bildet, wie der Absatz wirtschaftlich zu gestalten, die Werbung planmäßig aufzubauen und ein Erzeugnis einzuführen ist. Bei dem großen Interesse, das die Vorträge erweckten, darf man wohl sagen, daß der Versuch, den Ingenieuren

[1]) Die drei Vorträge sind im Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 9 (1928) Heft 6 veröffentlicht.

diese Aufgaben vor Augen zu führen, erfolgreich war. Die Vorträge dieser Fachsitzung wurden durch statistische Darstellungen in der Ausstellung „Vertriebstechnik“ erläutert und ergänzt.

In der Fachsitzung „Ausbildungswesen“ wurde darüber berichtet, in welcher Weise sich der Verein der Fortbildung der Ingenieure mit Hilfe seiner Zeitschriften und seines Schrifttum-Nachweises, in Vorträgen und Kursen annimmt. Ferner wurde die Ausbildung und Fortbildung der Konstrukteure eingehend behandelt.

Am Sonntag vormittag folgten die beiden letzten Fachsitzungen: In der für „Landwirtschaftstechnik“ behandelte man vor allem Fragen, die in innerem Zusammenhang mit der Lage des Tagungsortes standen, und zwar sowohl die Entwicklung und Bedeutung des Landmaschinenbaues, als auch die Anforderungen, die die Landwirtschaft des dicht besiedelten Industriegebietes an die Technik stellt.

In der Fachsitzung „Anstrichtechnik“ wurden die technischen Vorbereitungen für Anstriche erörtert und Beobachtungen über die Bewährung von Schutzanstrichen an Fahrzeugen der Deutschen Reichsbahn mitgeteilt. Dann folgte ein chemisch-wissenschaftlicher Vortrag über Nachweis und Bedeutung der Seifenbildung in Anstrichen.

Die Fachsitzungen, deren Vorträge zum Teil an der Hand von Lichtbildern erläutert wurden, waren sehr stark besucht; man erkannte daran deutlich, welchen Nutzen für ihre Berufsarbeit die Teilnehmer der Hauptversammlung von den Fachsitzungen erhofften. Die Vorträge hatten vielfach anregende Aussprachen zur Folge, so daß die verschiedensten Erfahrungen ausgetauscht werden konnten[2]).

Weitere Fachveranstaltungen

Die Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen hielt gleichzeitig mit der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure ihre Mitgliederversammlung am 9. bis 12. Juni ab. Am Sonnabend vormittag wurden zwei Vorträge gehalten, die auch besondere Rücksicht auf die Lage des Tagungsortes nahmen: „Die Wasserwirtschaft im rheinisch-westfälischen Industriegebiet“ und „Ingenieurbauten über und unter Tage“; am Sonntag, Montag und Dienstag fanden Besichtigungen von Ingenieurbauwerken statt[3]).

Die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure hatte die Gelegenheit, daß sich so viele Ingenieure an einem Ort zusammenfanden, benutzt und hielt am Sonntag ihre Obmännerversammlung ab, in der in kurzen Berichten über die Arbeiten des abgelaufenen Jahres Aufschluß gegeben und das Programm für die weiteren Arbeiten eingehend erörtert wurde. In Zukunft soll die Obmännerversammlung ständig während der Hauptversammlung des Vereines stattfinden. Auch der Kaminkühlerausschuß hielt eine Sitzung, der Ausschuß für Dampfkesselwesen eine Besprechung seiner Obmänner ab.

Geschäftliche Verhandlungen

Der Vorstand war am Freitag vormittag zusammengetreten; Sonntag, den 9. Juni, vormittags, tagte der Vorstandsrat; am Sonntag vormittag fanden die allen Vereinsmitgliedern zugänglichen geschäftlichen Verhandlungen statt. Die Beschlüsse der diesjährigen Hauptversammlung sind bereits in Heft 24, S. 867, veröffentlicht worden. Es sei hier nur wiederholt, daß als Nachfolger des satzungsgemäß ausscheidenden Vorsitzenden Herr Dr.-Ing. E. h. Carl Köttgen, Berlin-Siemensstadt, für die Jahre 1929 bis 1931 gewählt wurde und daß man beschloß, die nächste Hauptversammlung am 23. Juni 1929 in Königsberg i. Pr. abzuhalten; man beabsichtigt, einen Besuch der Stadt Danzig damit zu verbinden.

Während die Herren sich der ernsten Arbeit widmeten, fanden für die Damen einige gesellschaftliche Veranstaltungen in Essen und seiner Umgebung, in Duisburg und Mülheim statt. Die freie Gastlichkeit der Rheinländer ließ auch diese Veranstaltungen anregend und schön verlaufen.

Begrüßungsabend

Die Stadt Essen hatte es sich nicht nehmen lassen, die Ehrengäste der Hauptversammlung und die Ingenieure festlich zu empfangen. Die Straßen in der Nähe des Bahnhofs und der Sitzungssäle waren beflaggt, und die Stadtverwaltung tat noch ein besonderes, indem sie am Sonnabend in dem mit Blumen reich geschmückten Großen Saale des Städtischen Saalbaues einen Begrüßungsabend veranstaltete. Der Essener Oberbürgermeister, Staatssekretär a. D. Bracht, begrüßte den Verein deutscher Ingenieure und seine Gäste sowie die Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen besonders herzlich im Hinblick auf einen andern, jetzt schon der Vergangenheit angehörenden Ingenieurbesuch, der wenig erfreulich war: den Einzug der „Friedlichen Ingenieurkommission“, begleitet von sieben kriegsmäßig ausgerüsteten französischen Divisionen. Unter großem Beifall der Anwesenden verkündete er dann, daß die Stadt Essen die Erinnerung an die 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure nicht nur im „Haus der Technik“ festhalten wolle, sondern indem sie in Essen-Bredeney, einem bevorzugten Wohnviertel der Stadt, die Straßen eines neuen Baublocks nach führenden deutschen Ingenieuren benennen will. Der Anfang wurde am Tage der Hauptversammlung mit der Grashofstraße und der Zeunerstraße gemacht. Den Ingenieuren, den Trägern einer deutschen Hoffnung — wie er sie bezeichnete —, rief er ein herzliches Glückauf zu. Der Vorsitzende des Ruhrbezirksvereines, Direktor Dr.-Ing. E. h. Lwowski, dankte daraufhin der Stadt Essen für ihre Gastfreundschaft und begrüßte seinerseits im Namen des Ruhrbezirksvereines die Gäste. Dann zogen beim Scheine der Grubenlampen die Bergschüler in ihrer alten Uniform in den Saal und trugen einige Lieder vor.

Der Sonntag wurde dadurch eingeleitet, daß der Verein das Andenken von Alfred Krupp, August Thyssen und Franz Dinnendahl durch Niederlegung von Kränzen an ihren Denkmälern und Grabstätten ehrte.

Wissenschaftliche Verhandlungen

Nach den geschäftlichen Verhandlungen begannen im Großen Saal des Städtischen Saalbaues, der mit Fahnen des Vereines deutscher Ingenieure und mit Blumen feierlich geschmückt war, die Wissenschaftlichen Verhandlungen. Der Vorsitzende des Vereines, Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. Wendt, begrüßte die Mitglieder und die Ehrengäste und hob die Anwesenheit der beiden Inhaber der Grashofdenkmünze, des Geh. Baurats Dr.-Ing. E. h. J. Flohr und Exz. Dr.-Ing. E. h. O. v. Miller, sowie des Ehrenmitgliedes, Kommerzienrats Dr. H. Röchling, hervor; unter den Teilnehmern aus dem europäischen und überseeischen Ausland begrüßte er besonders herzlich die Vertreter des Argentinischen und des Österreichischen Vereines deutscher Ingenieure. Es würde zu weit führen, hier alle Gäste zu nennen, da Vertreter der Behörden, der Industrie, Wirtschaft, Wissenschaft und der befreundeten Vereine des In- und Auslandes in großer Zahl erschienen waren. Dann gedachte der Vorsitzende der 371 Verstorbenen des letzten Jahres, unter denen sich Namen wie Bergmann, Busley, Deutsch u. a. fanden.

Im Namen der Behörden hieß Regierungspräsident Bergemann die Hauptversammlung willkommen; er hob als besonders erfreulich hervor, daß der Verein neben vielen andern fachlichen Aufgaben sich auch mit der Ausbildung beschäftigt und daß er damit weit über den engeren Rahmen des Vereines hinaus wertvolle Arbeit leistet.

Prof. Dr.-Ing. Wentzel, Rektor der Technischen Hochschule Aachen, überbrachte die Grüße und Wünsche der deutschen Technischen Hochschulen, in die er das — trotz allem — deutsche Danzig einschloß; auch die Grüße der deutschen technisch-wissenschaftlichen Vereine hatte er zu überbringen. Er wies hin auf die enge Zusammenarbeit zwischen dem Verein deutscher Ingenieure und

---

[2]) Ausführliche Berichte über sämtliche Fachsitzungen werden demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

[3]) Ein ausführlicher Bericht hierüber folgt.

den Technischen Hochschulen, die auch in der für den 29. November d. J. in Dresden geplanten Hochschultagung wieder zum Ausdruck käme.

Namens der ausländischen Gäste wies Dr. Toltz, Hon. Vice-President of the American Society of Mechanical Engineers, im Anschluß an die Wünsche, die er dem Verein zu übertragen hatte, auf die völkerverbindende Arbeit der Ingenieure hin und hielt es für wünschenswert, daß sie zur Festigung des Friedens dadurch beitragen, daß sie sich weigern, ihre Werke Kriegszwecken dienen zu lassen.

Verleihung der Grashof-Denkmünze

Nachdem der Vorsitzende den Rednern für die Grüße und Wünsche gedankt hatte, verkündete er unter großem Beifall die Verleihung der Grashof-Denkmünze an Geh. Hofrat Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Richard Mollier, Dresden. Die Urkunde über diese höchste Ehrung, die der Verein zu vergeben hat, lautet:

Der Verein deutscher Ingenieure hat in seiner 67. Hauptversammlung zu Essen 1928

Herrn Geh. Hofrat Professor Dr. phil. Dr.-Ing. E. h.

RICHARD MOLLIER, DRESDEN,

der, als Lehrer und Forscher gleich hervorragend, die Entwicklung der technischen Wärmelehre mit dem Ziel des tieferen Verstehens der Arbeitsvorgänge in den Wärmekraft- und Kältemaschinen maßgebend beeinflußt hat, die

GRASHOF-DENKMÜNZE

verliehen, worüber diese Urkunde ausgefertigt ist.

Essen, den 10. Juni 1928.

Verein deutscher Ingenieure

(gez.) *Wendt*, Vorsitzender (gez.) *G. Lippart*, Kurator.

(gez.) *C. Matschoß*, (gez.) *Hellmich*, Direktoren.

Geheimrat Mollier dankte dem Vorsitzenden und der Hauptversammlung für die Ehrung und fügte hinzu, sie freue ihn besonders, weil er glaube, darin eine Anerkennung seiner Bemühungen zu sehen, die dahin gingen, daß er den Ingenieuren Hilfsmittel geben wolle, ihnen die Lösung schwieriger Aufgaben der Wärmetechnik zu erleichtern.

Ansprache des Vorsitzenden

Dann trat der Vorsitzende, Dr.-Ing. Karl Wendt, vor das Mikrophon, das seine Ansprache auch sämtlichen deutschen Rundfunksendern übermittelte. Da er mit dem Ablauf des Jahres 1928 satzungsgemäß sein Amt als Vorsitzender niederlegen wird, nahm er die diesjährige Hauptversammlung zum Anlaß, einen Rückblick auf seine dreijährige Amtszeit als Vorsitzender zu werfen.

Nachdem er darauf hingewiesen hatte, daß sich im Jahre 1930 Gelegenheit ergeben werde, der stolzen Geschichte des Vereines durch die 2. Weltkraftkonferenz Berlin 1930 ein neues Ruhmesblatt hinzuzufügen, führte er aus:

„Der Verein deutscher Ingenieure verdankt seine Entwicklung und sein Ansehen seinem glücklichen Aufbau: Eine weitgehende Gliederung in Bezirksvereine und Ortsgruppen ist zusammengefaßt in einer starken Spitze, die über hinreichende Bewegungsfreiheit und Vollmacht verfügt. Infolgedessen ist es möglich, die vielseitigen örtlichen Bedürfnisse zu gesammelter Auswirkung zu bringen. Vorbedingung ist aber ein starkes Gefühl innerer Verbundenheit im gleichen Beruf und freudige Zuneigung zu seiner Vertretung. Die Pflege dieses Gefühls der Zusammengehörigkeit hielt ich für eine der wichtigsten Aufgaben, deren ich mich anzunehmen hatte.

Die jährliche Versammlung des Vorstandsrates, des obersten Beschlußorganes des Vereines, schien mit unumgänglichen formalen Angelegenheiten zu sehr belastet zu sein, als daß sie allein den notwendigen Zusammenhang zwischen den Bezirksvereinen zu beleben und zu fördern vermochte. Ich bat deshalb einige Male die Vorsitzenden der Bezirksvereine zu einer Aussprache, um mit ihnen ohne Beschwerung mit Verwaltungsfragen und ohne den Zwang, zu bindenden Entschlüssen zu kommen, die großen Richtlinien der Vereinstätigkeit zu erörtern und auch die Erfahrungen im Vereinsleben auszutauschen.

Dabei empfanden alle, wie stark die äußeren Formen des Vereines zurücktraten gegenüber dem Wesen einer inneren Gemeinschaft von Ingenieuren aller Fachrichtungen, die aus einer einheitlichen Berufsauffassung und Berufsgesinnung herauswächst. In dieser Eigenschaft sehe ich vor allem die Bedeutung des Vereines deutscher Ingenieure als eines unentbehrlichen Gliedes unsres wirtschaftlichen und sozialen Lebens. Die Pflege dieser Gemeinschaft möchte ich allen, die sich auch in leitender Stellung die Liebe zum Ingenieurberuf bewahrt haben, wenn sie auch mehr von der eigentlichen Ingenieurtätigkeit abgelenkt werden, warm ans Herz legen. Sie kam besonders schön zum Ausdruck in der in schwerer Zeit entstandenen Ingenieurnothilfe.

Die Stärke und Fruchtbarkeit des Gemeinschaftsgeistes offenbart sich in den umfangreichen wissenschaftlichen Arbeiten des Vereines[4]). Unter der umsichtigen Fürsorge des Kurators, Geh. Baurates Dr.-Ing. E. h. Lippart, der gleichzeitig Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirates ist, entstanden während meiner Amtszeit der Ausschuß für Wärmeforschung, der Schwingungsausschuß, die Fachausschüsse für Schweißtechnik und für Anstrichtechnik, die Ausschüsse für Schmieden, für Werkstoffe, für Staubtechnik und die Fachgruppe für Verkehrstechnik.

Die Bedeutung eines derartigen Ausbaues der technisch-wissenschaftlichen Tätigkeit des Vereines liegt nicht nur in der verstärkten fachlichen Arbeit, sondern vor allem auch in der wachsenden Erkenntnis, wie stark die Entwicklung der Technik an die gemeinsame Arbeit von Forschern mit Männern der Praxis gebunden ist. Je feiner die Technik durchgebildet wird, desto mehr wird jede Aufgabe zum Schnittpunkt der verschiedensten Erfahrungs- und Wissenskreise, und um so mehr wächst ihre Lösung über die geistige Reichweite des einzelnen hinaus. Technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit ist daher kein Mode- oder Schlagwort, sondern eine aus der technischen Entwicklung folgerichtig erwachsene Arbeitsweise.

Der Verein deutscher Ingenieure darf behaupten, daß er rechtzeitig die Notwendigkeit einer solchen Gemeinschaftsarbeit erkannt und hierfür die verschiedensten Formen entwickelt hat, die in Abweichung von den bisher üblichen eine Betätigung je nach den auftretenden Bedürfnissen gestatten. Die erfolgreichen Körperschaften: Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure und Arbeitsgemeinschaft „Technik in der Landwirtschaft" innerhalb des Vereines, der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen, der Deutsche Normenausschuß, der Reichsausschuß für Arbeitzeitermittlung, die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, die Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen usw., sind auf dem Nährboden des Vereines gewachsen und haben sich zu achtunggebietenden Gliedern seiner umfassenden technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit entwickelt.

Es ist reizvoll, zu verfolgen, wie die technisch-wissenschaftliche Arbeit des Vereines sich der schnellen technischen Entwicklung anzupassen versteht, und wie sie es vermag, auch deren neue Formen in ihren Rahmen zu spannen und so z. B. die wichtige Aufgabe zu erfüllen, der unvermeidlich fortschreitenden Spezialisierung Platz zu gewähren und doch deren Gefahren zu überwinden. Es wäre eine unheilvolle Entwicklung, wenn für jedes Fachgebiet ein besonderer Verein mit eigener Verwaltung errichtet würde, und mit Recht betonte im vergangenen Jahr unser Hamburger Bezirksverein, daß man einer solchen Zersplitterung im Reiche der deutschen Technik vorbeugen müßte.

Im Verein deutscher Ingenieure ist der geistige Sammelpunkt für die deutsche Technik gegeben, in dem jedes Fachgebiet seine Pflegestätte finden kann, ohne sich mit dem Ballast beschweren zu müssen, der sich bei jeder Vereinsorganisation ergibt. Alle Ausschüsse

[4]) Z. Bd. 72 (1928) Heft 21 S. 719.

konnten ihrer sachlichen Aufgabe mindestens mit dem gleichen, wenn nicht mit einem höheren Wirkungsgrad gerecht werden als in einer besonderen Körperschaft. Ihre Arbeit im Rahmen des Vereines genießt überdies den Vorzug, daß ihr Zusammenhang mit dem geistigen Schaffen der gesamten Technik von vornherein gesichert ist. Der Verein läßt dabei auch solche Fachgenossen wissenschaftlich mitarbeiten, die nicht seine Mitglieder sind; in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit hat er sich zu einem technisch-wissenschaftlichen Institut entwickelt, in dem jeder Heimatrecht hat, der geneigt und befähigt ist, an der Entwicklung unsrer Technik mitzuarbeiten. In seiner Verwaltung, an der Bearbeitung seiner Aufgaben wirken ständig mehr als tausend Ingenieure aller Berufszweige ehrenamtlich zum Wohle unsrer deutschen Wirtschaft mit. Ein sehr großer Teil seiner Mitglieder bemüht sich in Vorträgen und in Veröffentlichungen in unsern Zeitschriften, ohne unmittelbaren Nutzen für sich, getragen nur von der hohen Absicht, unsre Technik zu fördern.

So gibt der Verein auch der Industrie und unsrer Wirtschaft, deren Wohlstand abhängig ist von dem Stand unsrer Technik, mit Zins und Zinseszinsen das wieder zurück, was sie ihm auf dem Weg über seine Zeitschriften zuführt und in Erkenntnis seines Wertes und seiner Arbeit hoffentlich immer mehr auch in Zukunft zuführen wird.

Wie stark sich der Geist der Gemeinschaftsarbeit im Verein deutscher Ingenieure entwickelt hat, bewies die Werkstofftagung Berlin 1927. Mir als altem Werkstoffachmann lag der Wunsch nahe, einmal die Bedeutung des Werkstoffes für den technischen Fortschritt anschaulich dargestellt zu sehen. Wenn es gelungen ist, diesen Gedanken in einer Weise durchzuführen, die der Fachwelt des In- und Auslandes Anerkennung abgerungen hat, so gebührt der Dank in erster Linie der tatkräftigen Arbeit der Direktoren und Beamten des Vereines, vor allem aber auch der großzügigen Mitwirkung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie und der vielen andern Körperschaften, die sich mit dem Verein deutscher Ingenieure zur Durchführung der Werkstofftagung und der mit ihr verbundenen Werkstoffschau vereinten. Die Werkstofftagung war ein einheitliches großes Bekenntnis der gesamten deutschen Technik zur Wertarbeit.

Ein weiterer Aufgabenkreis, dem ich während meiner Amtszeit besondre Aufmerksamkeit zuwandte, sind die Bestrebungen für höhere Bewertung und stärkere Ausdehnung der Ingenieurtätigkeit überhaupt. Die Ingenieure haben begründeten Anlaß zu der Forderung, daß die öffentliche und die private Wirtschaft ihrer Arbeit und ihren Leistungen die Würdigung entgegenbringen, auf die die Ingenieure mit Recht Anspruch erheben können. Die großen Taten der Technik mehren sich von Tag zu Tag. Kürzlich überwand ein Flugzeug, gebaut von Prof. Junkers, einem unserer besten Fachgenossen, dem ich im vorigen Jahre auf der 66. Hauptversammlung in Mannheim-Heidelberg die Grashof-Denkmünze überreichen durfte, den Weg von Europa nach Amerika. Bald hören wir die Stimmen unsrer Freunde jenseits des Ozeans, wie wenn sie im Nachbarhause sprächen. So macht die Technik den Erdball zur kleinen Kugel und bringt täglich neue Leistungen hervor, erweckt täglich neue Erwartungen und Hoffnungen. In der Technik verkörpert sich heute fast aller Fortschritt, und man hat ihr auch in kultureller Beziehung weitestgehende Rechte eingeräumt. Da darf man wohl auch mit Recht danach streben, daß den Jüngern der Technik nicht der Platz vorenthalten wird, den sie sich erobert haben. Man muß es als überholte Zurücksetzung empfinden, wenn ihnen der Zugang zu vielen Ämtern durch das Gesetz versperrt ist, wenn reine Verwaltungsarbeit der Schaffenstätigkeit der Ingenieure in zahlreichen öffentlichen und privaten Betrieben übergeordnet wird. Gegen eine solche Minderbewertung unsrer schaffenden Arbeit wehren wir uns nicht vom Standpunkt enger Berufsbelange aus, sondern aus der Erkenntnis, daß nur der Staat widerstandfähig ist, in dem die schaffenden Kräfte sich frei und unbevormundet bewegen können.

Den Forderungen stehen aber auch Pflichten gegenüber, und eine der wichtigsten Pflichten ist die Erziehung der Ingenieure und die Ertüchtigung des Nachwuchses in fachlicher wie in menschlicher Hinsicht; diese Ertüchtigung besteht nicht in der Anhäufung eines gewaltigen Wissenstoffes bei den Schülern der Technischen Hoch- und Mittelschulen, sondern in der Erziehung zu selbständiger und verantwortlicher Tätigkeit auf der Grundlage einer tiefen Durchbildung in den Grundwissenschaften. Die jungen Ingenieure dürfen aber nicht ohne Führung in ihren Beruf gleiten, sondern sind fachlich und menschlich zu beraten, und ihre Freude am Beruf ist zu fördern.

Die Ausbildung des Ingenieurs kann nicht ihren Abschluß mit dem Verlassen der Schule finden. Die schnelllebige Technik läßt das Schulwissen rasch veralten; daher wird es immer eine der ersten Aufgaben des Vereines bleiben, den Fachgenossen den Zusammenhang mit den Fortschritten der Technik zu erhalten. Es erscheint erforderlich, daß der Verein auf dem Gebiete des Fortbildungswesens in Zukunft noch planmäßiger arbeitet, indem er z. B. in zusammenhängenden Vortragsreihen an Stätten, die auch die Vorführung von Versuchen gestatten, einen geschlossenen Überblick über die Fortschritte eines Fachgebietes gibt und dadurch gewissermaßen „ambulante Akademien" schafft, die den Teilnehmer für kurze Zeit aus seinem Beruf loslösen und ihm einen vertieften Einblick in ein Forschungsgebiet gewähren. Es wäre erfreulich, wenn diese Bewegung, die während meiner Amtszeit eine neue Belebung erfahren hat, zu ausgereiften Einrichtungen führen würde.

In Essen haben die technisch-wissenschaftlichen Vereine im letzten Jahr ein in dieser Hinsicht bedeutsames Werk begonnen, indem sie mit der Unterstützung der Stadt das „Haus der Technik" ins Leben riefen.

Wer, wie ich, hier die letzten Vorträge mit anhörte und sah, wie z. B. den beiden äußerst interessanten Vorträgen von Prof. Petersen je etwa 500 Hörer mit gespannter Aufmerksamkeit folgten, der mußte empfinden, wie groß das Bedürfnis nach solchen fortbildenden Vorträgen ist, wenn alle diese Hörer, die doch schon den ganzen Tag über angespannt in ihrem Beruf tätig waren, noch abends mit voller Hingabe anstrengende Vorlesungen anhörten. Lassen Sie mich an dieser Stelle, wo so viele Leiter der Industrie aus unsrer Gegend zugegen sind, die Bitte an diese richten, den Bestrebungen des „Hauses der Technik" ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden und sie zu fördern.

Neben den Bemühungen, das Ingenieurwesen zu vertiefen, stehen die Aufgaben, die zu einer Ausdehnung der Ingenieurtätigkeit in die Breite führen. Es liegt in der geschichtlichen Entwicklung, daß die Ingenieure lange Zeit ihr Arbeitsfeld im wesentlichen in der Herstellung der Maschinen und Geräte sahen, die der Erzeugung dienen. Allmählich aber zog die Ingenieurarbeit in steigendem Maß auch in die Erzeugung der Güter ein, die dem täglichen Verbrauch dienen. Die Brücke zu ihnen bildete die Wissenschaft der Fertigungsverfahren, die sich der gesamten Gütererzeugung annahm, und damit eröffnet sich für den Ingenieur ein fast unbegrenztes Arbeitsgebiet, das bis heute erst teilweise erschlossen ist. Immer mehr gewinnt der Ingenieur Boden in allen Erzeugungsstätten, die der Ernährung, Bekleidung und Behausung der Menschen dienen, wo bisher ererbte Erfahrungen und handwerkliche Gewandtheit allein herrschten. In allen möglichen Erzeugungsstätten der Nachbarindustrien, wie der chemischen, der hochentwickelten keramischen, der Lederindustrie usw. findet der Ingenieur heute ein Arbeitsfeld, in dem er fruchtbringend wirken und zu dessen Entwicklung er Wesentliches beitragen kann.

So erkennt man, wie die Ingenieurtätigkeit mehr und mehr alles durchdringt, und wie sehr die Ingenieure in der Lage sind, zur Hebung des Wohlstandes, zur Förde-

rung der Industrie und damit zum Wohle des ganzen Landes beizutragen. Aber bei all dem darf man nicht vergessen, daß die Erfolge nicht nur abhängig davon sind, wie die Ingenieure die Stoffe und die Kräfte meistern, sondern auch, wie der Mensch sich ihrer Arbeit anpaßt. In dem ständigen Streben nach technischen Verbesserungen, nach wirtschaftlichen Fortschritten darf man nicht vergessen, daß die Industrie, die sich auf der Technik aufbaut, des Menschen nicht entbehren kann; denn häufig ist es so gekommen, daß der ganze Nutzen, den große Verbesserungen in technischer Beziehung brachten, in einem Arbeitskampf in kürzester Zeit verlorenging.

Die große Sorge, die auf allen lastet, die sich im industriellen Leben betätigen, ist die Lösung der sozialen Schwierigkeiten. Der Verein deutscher Ingenieure ist kein politischer Verein, und ich habe streng darauf geachtet, daß politische, insbesondre innerpolitische Fragen, trotz mancher gegenteiligen Wünsche einiger Feuergeister, aus ihm ferngehalten wurden. Aber die Lösung der sozialen Frage berührt die technischen und industriellen Leistungen sehr stark; und die Ingenieure, die in ständiger Berührung mit unsern Arbeitern stehen, können Wesentliches hierzu tun und haben viel Gelegenheit, vermittelnd, ausgleichend und belehrend zu wirken.

Ich kann mir nicht denken, daß man je in der Lage sein wird, lediglich auf materieller Grundlage den sozialen Frieden herbeizuführen. Es gilt, die Freude an der Arbeit wieder zu wecken, die Befriedigung durch sie, das Interesse an ihr. Man muß zugeben, daß die durch die moderne Technik herbeigeführte Arbeitsteilung Typung, Massenfertigung hierbei erschwerend wirken, daß der Zusammenschluß der Firmen, das Heranwachsen kleiner Unternehmungen zu Riesenbetrieben den Überblick des einzelnen für den Zusammenhang der Dinge hemmt und damit manchem das Interesse an der Arbeit eindämmt. Aufklärung über die Zwecke der Arbeit, über die Leistung der Firma, Hebung der Anteilnahme am Stande des Werkes ist Pflicht aller, die an der passenden Stelle stehen. Wir dürfen den göttlichen Funken schöpferischen Tuns, der in jedem glüht, der erfolgreich schafft, nicht verkümmern lassen zum Frondienst für wirtschaftliche Vorteile und müssen der Arbeit geben und ihr erhalten jenen Inhalt der Schaffensfreude, die ihr allein den Druck nehmen kann.

Das wird uns aber nur gelingen, wenn unsre Arbeit, auch die des Kleinsten unter uns, entsteht aus dem Gefühl der Pflicht zum Dienste an der Menschheit. Dann wird auch die Arbeit des Geringsten unter uns an Achtung gewinnen in der menschlichen Gesellschaft, und wir werden ihm über den Abstand, den die Vorbildung etwa schaffen sollte, in Zukunft die Hand reichen, nicht im Geist einer verschwommenen Verbrüderung, sondern im Geiste der gegenseitigen Achtung vor jedem, der seine Pflicht tut, vor jedem, der sein Teil zum Wohle des Ganzen beiträgt. Und wenn ich einen Wunsch habe, so ist es der, daß dieser Geist auch durch den Verein deutscher Ingenieure weiter und weiter in die Welt getragen werden möge!

Die Gründer unsres Vereines haben vor 72 Jahren in ihrer jugendlichen Begeisterung als Ziel des Vereines in die Satzungen geschrieben „die Zusammenfassung aller geistigen Kräfte deutscher Technik zum Wohle unsrer Industrie". Lassen Sie mich als mein Abschlußwort den Mitgliedern unsres Vereins eine weitere Aufgabe hinzufügen: ein inniges seelisches Zusammenwirken aller Kräfte deutscher Arbeit zum Wohle unsres Vaterlandes!"

Vorträge

Nach der Ansprache des Vorsitzenden hielt Geh. Reg.-Rat, Prof. Riemerschmid, Köln, einen durch Lichtbilder ergänzten Vortrag über „Kunst und Technik", der ebenfalls von allen deutschen Rundfunksendern übertragen wurde[5]). Er führte aus, wie ursprünglich Ingenieur und Künstler eins gewesen wären, daß sich aber allmählich eine Trennung, ja im Sprach- und Denkgebrauch fast ein Gegensatz zwischen Kunst und Technik, zum Schaden beider, ergeben hätte. Die Technik hätte zwar viele Voraussetzungen für eine blühende Kunst zerstört, sie hätte aber auch die Anfänge zu neuem künstlerischen Leben geschaffen. Engstes Zusammenwirken zwischen der Technik und der Kunst wäre nicht nur möglich, sondern es wäre ein Gebot, dem wir uns gar nicht entziehen könnten. Und die vereinten Kräfte von Kunst und Technik wären so stark, daß sie wohl das Aufblühen einer Nation herbeiführen könnten.

Danach sprach Prof. Dr.-Ing. Plank über „Naturwissenschaft und Technik"[6]); der Vortrag klang darin aus, daß die bisherige Geringschätzung der Technik seitens der „Geisteswissenschaften" auf einem verhängnisvollen Nichtverstehen beruht und daß die menschliche Kultur ohne die Technik weder entstanden wäre, noch weiter bestehen könnte!

Die beiden Vorträge fanden den lebhaftesten Beifall der großen Hauptversammlung.

Gemeinsames Essen

Am Sonntag abend vereinigten sich die Teilnehmer der Hauptversammlung zum Festmahl in der Ausstellungshalle 5, die mit Blumen und Tannengrün geschmückt war und mit der an den Hallenbogen und an der Galerie angebrachten gedämpften Beleuchtung ein eigenartig reizvolles, festliches Bild gab. Folgender Vorspruch leitete das Festmahl ein:

Gruß an die Ingenieure

Vorspruch beim Festmahl der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure am 10. Juni 1928 in Essen
Verfaßt von Dr.-Ing. Heinrich Reisner, Essen
Vorgetragen von Fräulein Vera-Maria Eberle, Schauspielerin an den Essener Städtischen Bühnen

Es wölben sich Bögen in Kirchen und Hallen,
Auf Ätherwellen die Worte schallen,
Die Räder umklingen der Erde Rund,
Die Hämmer rufen's mit stählernem Mund,
Aus Wolken wiehern es Rosse der Lüfte,
Es pocht von den Schlägeln der tiefen Klüfte:
„Wir sind überall, das lebendige Heer,
Unser Meister ist der Ingenieur."

Technik ist ewiger Wahrheit Geist,
Von Urzeit die Menschheit sie weiter weist,
Vom Urwald zur Hütte, zu Burg und Haus,
In alle Länder, über die Meere hinaus,
Aus totem Stoff und wilden Gewalten
Hilft Menschengeist wirken und neugestalten,
Gebt ihr der ewigen Schöpfung Ehr',
Ihre Seele belauschte der Ingenieur.

Führt die Zukunft zu ferner befreiender Tat,
Legt das heutige Schaffen für das Ferne die Saat,
Forschend wird er den Hammer schwingen,
Trotz Undank mit Taten weiterringen,
Wehren der Not und bewahren vor Grauen
Und am Leben und Frieden der Menschheit bauen:
„Er, der Meister im Arbeitsheer,
Wir rufen, wir grüßen den Ingenieur."

Dann begrüßte der Vorsitzende des Vereines, Dr.-Ing. Wendt, die Gäste und sprach auf unser Vaterland, indem er wünschte, daß das noch immer besetzte Rheinland endlich frei würde und daß Deutschland seine alte Stärke und Weltgeltung bald wieder gewänne. Der Wunsch wurde von der Festversammlung mit dem Deutschlandlied feierlich bekräftigt.

Dr. Jucho, Dortmund, bezeichnete die Hauptversammlung in Essen als ein Merkmal dafür, daß die rheinisch-westfälische Industrie sich von den Erschütterungen des Krieges und der Besatzungszeit erholt hat. Die Industrie der Stadt Essen führte er als ein Beispiel dafür an, wie die gesamte deutsche Industrie in ungebrochenem Willen zur Arbeit bestrebt ist, in friedlicher Arbeit unserem Vaterlande wieder Geltung in der Welt zu verschaffen.

Verbandspräsident Happ vom Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk sprach auf den Verein deutscher Ingenieure. Schon seine Gründung war eine nationale Tat, denn 12 Jahre vor Beginn der wirtschaftlichen und 15 Jahre vor

---
[5]) Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift erscheinen.

[6]) s. Z. Bd. 72 (1928) Heft 24 S. 837.

der politischen Einigung Deutschlands stellten seine Gründer das große Ziel auf, ganz Deutschland zu umfassen. Ein dornenvoller, aber erfolgreicher Weg war es bis zum heutigen Standpunkt. Der Verein wurde ein verbindendes Glied zwischen privater und beamteter Tätigkeit, er wirkte mit bei dem Ausbau des Schulwesens und bei der Schaffung vieler Gesetzesbestimmungen; am Wiederaufbau unsres Vaterlandes und an der Anbahnung internationaler Geistesbeziehungen hat er einen wesentlichen Anteil und außerdem gebührt ihm das Verdienst, daß er nicht nur Förderer der Wirtschaft, sondern auch ein Hüter der geistigen Interessen, ein Vorkämpfer der Kultur war.

Den ernsten Reden folgte ein Elfenreigen, getanzt von den Töchtern des Ruhrbezirksvereines; dann hielt Generaldirektor Krone, Dortmund, eine launige Rede auf die Damen.

Es erscheint angebracht, bei dieser Gelegenheit hervorzuheben, wie reibungslos sich dieses „Festmahl der Tausende" abwickelte — dank der gründlichen Vorbereitung und infolge der Möglichkeit, das Essen in der ganz neuzeitlichen elektrischen Küche herzustellen, die eigens hierzu vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk und der Firma Prometheus vorübergehend eingerichtet war. So gut gelungen wie dies Festmahl war auch die ganze umfangreiche Organisation der Hauptversammlung in allen Teilen, ein Erfolg, der den frühzeitig begonnenen umfassenden Vorbereitungsarbeiten des Ruhrbezirksvereines, insbesondre seines Arbeitsausschusses[7]) zu danken ist. Auch der weitgehenden Unterstützung dieser Arbeiten durch die Behörden und die Industrie gebührt ein gut Teil des Erfolges.

Besichtigungen

Am Montag fanden an den verschiedensten Orten des Industriegebietes Besichtigungen statt von Berg- und Hüttenwerken, Maschinenfabriken, Elektrizitätswerken, Häfen, Schleusen, Kläranlagen und Wohlfahrtseinrichtungen.

Es ist unmöglich, hier Einzelheiten herauszuheben; allen Teilnehmern wird wohl der gewaltige Eindruck von diesen Stätten der Arbeit und von ihrer Bedeutung für Deutschlands Wirtschaft und Wohlergehen unvergeßlich bleiben. Auch die Besichtigungen waren ausgezeichnet vorbereitet; jeder Teilnehmer erhielt ein kleines, mit Abbildungen reich ausgestattetes Buch, in dem der Werdegang des besichtigten Werkes und das, was man dort zu sehen bekam, beschrieben war.

[7]) VDI-Nachrichten Nr. 23 vom 6. Juni 1828 S. 11.

Gedenkfeier für Trappen

Am gleichen Vormittag ehrte der Verein das Andenken an einen großen Ingenieur, indem er an dem Hause in der Langen Straße in Hörde, wo Alfred Trappen vor 100 Jahren, am 19. Juni 1928, geboren wurde[8]), eine Gedenktafel enthüllte. Der Direktor des Vereines, Hr. Matschoß, gedachte der Verdienste Trappens um die Entwicklung des deutschen Maschinenbaues, den Trappen maßgebend gefördert hat. Für den Oberbürgermeister von Dortmund sprach Stadtbaurat Hartleb, der unter großem Beifall der Teilnehmer bekanntgab, der Magistrat von Groß-Dortmund, zu dem Hörde seit dem 1. April ds. Js. gehört, hätte beschlossen, der Langen Straße den Namen Alfred-Trappen-Straße zu geben. Ein Frühstück, zu dem die Abteilung „Phoenix" der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., eingeladen hatte, gab dem ältesten Sohne Trappens Gelegenheit, namens der Familie dem Verein deutscher Ingenieure und der Stadt Dortmund für die Ehrung seines Vaters zu danken.

Den Ausklang der Hauptversammlung bildete am Montag nachmittag eine Dampferfahrt auf dem Niederrhein.

Ausstellung

Während der Hauptversammlung hatte man in den oberen Räumen des Städtischen Saalbaues als Ergänzung des wissenschaftlichen Teiles der Hauptversammlung eine Ausstellung geschaffen, die sich in der Hauptsache mit der Vertriebstechnik und der Konstrukteurausbildung befaßte. Die erste Abteilung zeigte an ausgewählten Beispielen, z. T. in ganz neuartiger statistischer Darstellungsweise, wie die industriellen Herstellungs- und Absatzmärkte zu beobachten sind und wie die Technische Anzeige in die Organisation des Vertriebes einzuordnen ist. Die andre Abteilung zeigte Lehrmittel zur Konstrukteurausbildung, insbesondere für die Fortbildung der im Beruf stehenden Konstrukteure, für die die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure ihren ersten stark besuchten Konstrukteurkursus vom 22. März bis 27. April 1928 in Berlin abgehalten hat. Die Erfahrungen mit diesem Kursus sollen in einer z. Z. in Vorbereitung befindlichen Schrift niedergelegt werden. Die sehenswerte Ausstellung wurde vervollständigt durch Darstellungen aus dem umfangreichen Arbeitsgebiet der Ausschüsse und Fachabteilungen des Vereines.

Ein Film „Die Ruhrkohle" vermittelte einen Eindruck von dem Lande der Kohle.

[B 1698] Parey

[8]) Vergl. Z. Bd. 52 (1908) S. 1242.

Vereinheitlichung der deutschen öffentlichen Elektrizitätswirtschaft

Als „A.-G. für deutsche Elektrowirtschaft" ist von den Elektrowerken, an denen das Reich maßgeblich beteiligt ist, von der Preuß. Elektrizitäts-A.-G. und vom Bayernwerk eine neue Gesellschaft mit vorläufig 1 Mill. RM Kapital gegründet worden, an der die drei Teilnehmer zu je einem Drittel beteiligt sind. Diese neue Gründung soll die Zusammenarbeit zwischen den deutschen Elektrizitätserzeugungs- und -verbrauchsgebieten fördern, insbesondere soll sie eine 220 kV-Leitung von Hamburg bis Tirol schaffen. Weiterhin ist eine Vereinheitlichung der Leitungsbauteile, wie Isolatoren, Masten und dergl., geplant, ferner sollen der Bau und Betrieb öffentlicher Stromgewinnungsanlagen wirtschaftlicher gestaltet und neue Anlagen auf dem jeweils günstigsten Standort errichtet werden. Die Finanzierung der Neubauten wird natürlich durch den Zusammenschluß erleichtert.

Dieser Zusammenschluß öffentlicher Elektrizitätsgesellschaften bedeutet zweifellos einen Fortschritt im Sinn einer Vereinheitlichung der Elektrizitätsversorgung Deutschlands. Die bereits in wesentlichen Teilen fertiggestellte 220 kV-Leitung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes, die vom rheinisch-westfälischen Industriegebiet nach Tirol und Vorarlberg führt, soll voraussichtlich den westlichen Teil einer allmählich zu schaffenden Ringleitung für das gesamte deutsche Industriegebiet bilden, zu der die geplante Verbindung Hamburg—Tirol einen östlicheren Zweig darstellen soll. [N 1672] Sp.

Versuche mit Caprotti-Steuerung in England

Berichtigung. In der in Z. Bd. 72 Heft 16 (1928) S. 526 gebrachten Notiz über Versuche mit Caprotti-Steuerung war die Vermutung ausgesprochen, daß die im Verhältnis 7 : 8,1 günstigeren Verdampfzahlen der Lokomotive mit Caprotti-Steuerung auf die Anwendung einer besseren Kohlensorte zurückzuführen sein dürfte. Herr Caprotti teilt uns nun mit, daß bei den Fahrten stets dieselbe Kohlensorte verwendet und daß der Kohlenverbrauch sorgfältig mit der Waage gemessen wurde. Dagegen ließen sich die Wassermessungen nicht genau durchführen, da der größte Teil des Wassers während der Fahrt durch Wasserschaufeln übernommen wurde und die genaue Beobachtung des Wasserstandes im Tender infolge der Erschütterungen während der Fahrt nicht möglich war. Er glaubt, daß infolgedessen der Unterschied in der Verdampfung zum Teil den ungenauen Wassermessungen zuzuschreiben ist. Er begründet ferner die hohe Verdampfung mit der gleichmäßigeren Anfachung des Feuers und damit, daß der Kesselwirkungsgrad infolge der geringeren Rostbeanspruchung günstiger geworden ist. Diese Ansichten dürften zutreffen; denn es hat z. B. auch die Anwendung von Vorwärmern an Lokomotiven oft höhere Ersparnisse ergeben als die theoretisch errechneten. [D 1731]

Die Auswertung der Kohle

Von Dr.-Ing. Otto Huppert, Berlin

Ammoniaksynthese. Gewinnung von Stickstoffsalzen. Kohlendestillation: Wasserstoff nach Bronn-Linde-Concordia, Urteer, Verfahren von Prudhomme. Herstellung flüssiger Brennstoffe über Kohlenoxyd. Mit Sauerstoff arbeitender Gaserzeuger. Hydrierung von Kohle und Teer. Koksofenwassergas.

Die Wärmewirtschaft verlangt heute gebieterisch eine möglichst vollständige Gewinnung der in der Kohle aufgespeicherten Sonnenenergie. Wenn schon diese Forderung für Deutschland in besonderer Weise gilt, so ist angesichts der, von der deutschen Wirtschaft verlangten gewaltigen Leistungen eine zweite Forderung nicht weniger wichtig: Keine Waren vom Auslande zu beziehen, die man im Inlande selbst herzustellen vermag.

Ein Zweig unseres heimischen Gewerbes hat diese Aufgabe während der letzten 15 Jahre in hervorragender Weise erfüllt. Es ist die Stickstoffindustrie, deren wirtschaftliche Entwicklung, insbesondere während der drei letzten Jahre, nur im Zusammenhang mit einer weitgehenden Auswertung der Kohle, hauptsächlich der Braunkohle, durch die gleichzeitige Herstellung von Wasserstoff möglich war. 1913/14 verbrauchte Deutschland 240 000 t Stickstoff, davon wurden 140 000 t in Form von Chilesalpeter eingeführt. 1926 betrug die deutsche Stickstofferzeugung 550 000 t im Werte von rd. ½ Milliarde RM. ⅓ davon wurde an das Ausland abgegeben.

Inzwischen kamen zu der Leistungssteigerung der I.-G. Farbenindustrie, A.-G.[1]), die von einigen Ruhrzechen zunehmend erzeugten Stickstoffmengen hinzu; Ende dieses Jahres wird die Gesamtstickstofferzeugung Deutschlands rd. 1 Mill. t betragen. Bedenkt man, daß unsere Landwirtschaft nicht einmal die Hälfte dieser Menge aufzunehmen vermag, so wird man die Mahnung verstehen, die vor kurzem auf dem deutschen Bergmannstag von berufener Seite ausgesprochen wurde, „weise Mäßigung beim Bau neuer Anlagen zu üben". Bemerkenswert ist der von Prof. Dr. Hayduck, dem Leiter des Instituts für Gärungsgewerbe, an die stickstofferzeugenden Industrien gerichtete Hinweis, ihre Aufmerksamkeit der Herstellung von Eiweißkraftfutter aus Melasse und Ammoniumsulfat zuzuwenden.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1118.

Mindestens $^{7}/_{10}$ der heute in Deutschland erzeugten Stickstoffmengen entfallen auf die I.-G. Farbenindustrie, A.-G. 1914 war es noch ungewiß, welches von den drei damals in Wettbewerb stehenden Verfahren zur Luftstickstoffgewinnung den wirtschaftlichen Sieg davontragen sollte. Heute ist die Frage zugunsten der damals vielfach wenig günstig beurteilten Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch gelöst; die soeben genannten Zahlen zeigen dies am besten; denn die I.-G. stellt ihr Ammoniak nach diesem Verfahren her.

Die beiden andern Luftstickstoff-Erzeugnisse waren Kalkstickstoff und Norgesalpeter. Die Norsk Hydro hat im Weltstickstoffkampf, trotz eifriger Gegenwehr, die Waffen strecken und sich damit abfinden müssen, daß ihr Generaldirektor Axel Aubert die Interessen seiner Gesellschaft künftighin als Mitglied des Verwaltungsrates der I.-G. vertreten wird. Das Verfahren der Oxydation des Stickstoffes im elektrischen Flammenbogen hat damit sein Ende gefunden. Die jetzt von den mitteldeutschen und bayerischen Stickstoffwerken hergestellten 300 000 t Kalkstickstoff (gegen 50 000 t jährlich vor dem Kriege) haben ihr festes Absatzgebiet und dürften es auch für die Zukunft behalten, während von der Umstellung des Betriebes von der Norsk Hydro auf das Haber-Bosch-Verfahren gesprochen wird, was gleichbedeutend wäre mit einer völligen Aufgabe des Norgesalpeters.

Die Ammoniaksynthese[2])

Bekannt sind die großen Schwierigkeiten, die sich der Ausführung der Ammoniaksynthese entgegenstellten und die nur durch das Zusammenwirken zweier genialer Forscher, des reinen Wissenschaftlers Haber und des wissenschaftlichen Praktikers Bosch, überwunden werden konnten. Die Arbeitsweise des Verfahrens und damit auch dessen Wirtschaftlichkeit wurden von Jahr zu Jahr vervollkommnet. Im Anfang stellte man z. B. den

[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 101, 819, Bd. 68 (1924) S. 886, Bd. 69 (1925) S. 26, 1578.

Abb. 1
Gewinnung von synthetischem Ammoniak nach dem Haber-Bosch-Verfahren.

a Wassergas-Koksgaserzeuger
b Gebläse
c Wäscher
d Sammelbehälter
e Wasserstoff-Kontaktofen
f Sammelbehälter für Kontaktgas
g Verdichter für 25 at
h Kohlensäurewäscher
i Verdichter für 200 at
k Zylinder zur Entfernung der Kohlenoxydreste
l Druckpumpe
m Umlaufpumpe
n Kontaktofen zur Vereinigung von Wasserstoff und Stickstoff
o Gaskühler
p Ammoniakabsorber
q Druckwasserpumpe
r Wasserkühler
s Ammoniakwasserbehälter

Wasserstoff noch durch Zerlegung von Wassergas nach Linde her. Heute verfährt man in den Stickstoffwerken der I.-G. Farbenindustrie, A.-G., in Oppau und Leuna folgendermaßen[3]):

Der Gaserzeuger *a*, Abb. 1, abwechselnd mit Luft durch das Gebläse *b* und mit Wasserdampf betrieben, gibt sein Gas nach dem Kühlen im Wäscher *c* an den Sammelbehälter *d* ab. Das so erhaltene Gasgemisch besteht aus Wasserstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff und Kohlendioxyd. Die Gaserzeugung wird so geleitet, daß ein gewünschtes Mengenverhältnis von Stickstoff zu Wasserstoff dadurch zustande kommt, daß man sich zweier Gaserzeuger bedient und den einen mehr Stickstoff, den andern entsprechend mehr Wasserstoff erzeugen läßt. Zur Beseitigung der Hauptmengen des Kohlenoxyds gelangt das Gasgemisch in den Wasserstoff-Kontaktofen *e*, wo sich Wasserdampf bei 500 ° unter der Einwirkung von Oxyden des Eisens als Kontaktstoffen mit dem Kohlenoxyd in Kohlendioxyd und Wasserstoff umsetzt. Da der Vorgang selbst Wärme erzeugt, so bedarf er, einmal eingeleitet, keiner Zufuhr von Wärme.

Das „Kontaktgas" sammelt sich in dem Behälter *f* und gelangt in den Verdichter *g*, wo es auf 25 at gebracht wird. Unter diesem Druck kommt es in den Kohlensäurewäscher *h*, wo das Kohlendioxyd von Rieselwasser aufgenommen wird. Das Wasser gibt bei der nachfolgenden Druckentlastung das Kohlendioxyd wieder her, das in diesem Fall als wertvolles Nebenerzeugnis zur Herstellung von Soda, Hirschhornsalz, Harnstoff und insbesondere, wie noch näher gezeigt werden soll, zur Gewinnung von Ammoniumsulfat aus Gips benutzt wird.

In dem Verdichter *i* wird das Gasgemisch bereits auf den zur Synthese notwendigen Druck von 200 at gebracht und in dem Zylinder *k* von den letzten Resten von Kohlenoxyd befreit. Die dazu notwendige ammoniakalische Kupferoxydullösung wird durch die Druckpumpe *l* zugeführt. Auf die Einrichtungen zur vollständigen Reinigung des Gasgemisches von den sogenannten Kontaktgiften, von denen außer Kohlenoxyd noch Schwefel-, Arsen- und Phosphorverbindungen in Betracht kommen, kann hier nicht näher eingegangen werden; lediglich auf die katalytische Schwefelreinigung mit aktiver Kohle sei hingewiesen als auf ein Verfahren, das wegen der Erzeugung großer Mengen billigen Schwefels die Wirtschaftlichkeit der Anlage wesentlich erhöht.

Ebenso wichtig wie die Reinigung der Gase ist die Frage nach dem besten Kontaktmittel und die Wiederherstellung seiner Wirksamkeit nach erfolgter Abnutzung. Die vor fast 20 Jahren gefundenen Kontaktmassen (Eisen mit aktivierenden Zusätzen) sind noch heute in bezug auf Lebensdauer, Ergiebigkeit und Wohlfeilheit unübertroffen. Trotzdem werden noch dauernd Versuche auf diesem Gebiet gemacht.

Das Gasgemisch, das nur noch aus Wasserstoff und Stickstoff im Verhältnis 3 : 1 besteht, gelangt nun in den Kreislauf der Apparate *n* bis *p*, durch die Umlaufpumpe *m* bewegt. Der etwa 10 m hohe Kontaktofen *n*, worin die Vereinigung von Wasserstoff und Stickstoff stattfindet, besteht aus zwei konzentrischen, fest aufeinandersitzenden Rohren, von denen das äußere, dickwandige, aus Stahl besteht und dazu dient, dem Drucke von 200 at zu widerstehen, während das innere, dünnwandige, kohlenstoffarme Edelstahlrohr der Temperatur von 500 bis 600 ° standhalten soll; denn Stahl mit dem üblichen Kohlenstoffgehalt ist bei diesen Temperatur- und Druckverhältnissen für Wasserstoff durchlässig. Da aber auch Edelstahl noch etwas Wasserstoff durchläßt, so befinden sich in dem äußeren Stahlmantel des Kontaktofens zahlreiche Löcher. Das Gasgemisch wird über die im Ofen zweckentsprechend gelagerten Kontaktmassen geleitet.

Die ersten von Haber aufgefundenen brauchbaren Katalysatoren Osmium und Uran hat man beim technischen Verfahren durch erheblich wohlfeilere Eisenkontaktmassen ersetzt, die durch Zusätze gewisser Metalloxyde sehr wirksam gemacht, „aktiviert" werden.

Die Reaktionstemperatur von 500 bis 600 ° wird durch den Vorgang selbst ohne Wärmezufuhr erreicht. Bei diesen Temperaturen und dem erwähnten Drucke können 8,2 bis 17 vH Ammoniak gebildet werden; doch hat es sich als zweckmäßig erwiesen, das Gasgemisch rascher hindurchströmen zu lassen, als es zur Erreichung der Gleichgewichtskonzentration erforderlich ist, und sich mit einem geringeren Umsatze zu begnügen.

Aus dem Ofen gelangen die Gase durch den Kühler *o* in den Absorber *p*, wo das Ammoniak mit Druckwasser, das die Pumpe *q* liefert, herausgewaschen wird. Das Gasgemisch geht zum Kontaktofen zurück, wobei durch Frischgas ersetzt wird, was als Ammoniak entnommen worden ist. Das Ammoniakwasser von etwa 25 vH geht aus dem Absorber *p* in einen Kühler *r* und wird in einem Vorratsbehälter *s* entspannt.

Auf der Gewerkschaft Mont Cenis bei Herne i. W. stellt man seit einigen Jahren ebenfalls Ammoniak synthetisch her, und zwar kommt man mit Drücken unter 100 at aus. Der angewendete Kontaktstoff soll so wirksam sein, daß eine verhältnismäßig kleine Anlage bei sehr hoher Ammoniakausbeute ausreichen soll. Besonders im Auslande wird heute vielfach Ammoniak nach dem Verfahren von Georges Claude[4]), der mit 1000 at, und nach Casale, der mit 750 at arbeitet, hergestellt. Das durch Anwendung dieses hohen Druckes erstrebte Ziel ist das gleiche wie in Mont Cenis: kleine Geräte bei hoher Ammoniakkonzentration zu erhalten. Claude und Casale nehmen das gebildete Ammoniak nicht in Wasser auf, sondern sie verdichten es zur Flüssigkeit. Der Italiener Casale stellt den Wasserstoff elektrolytisch her; auf die Art der Herstellung nach Claude werde ich später zurückkommen.

Neue Gaserzeuger

Die vorhin beschriebene, sehr wirtschaftliche Herstellung von Wasserstoff, von der die Wirtschaftlichkeit der Ammoniaksynthese überhaupt wesentlich abhängt, scheint sich in Leuna durch die Verwendung des neuen Gaserzeugers noch günstiger zu gestalten. In den letzten Jahren von vielen Seiten unternommene Bestrebungen, die in den minderwertigen Brennstoffen, z. B. dem Kohlenstaub, vorhandene Energie auszuwerten, führten zu den Vorschlägen, Generatorgas oder Wassergas dadurch zu erzeugen, daß man Kohlenstaub im Luftstrahl oder im Wasserdampfstrahl in Gas umsetzte.

Abb. 2 zeigt das Wesen einer der vorgeschlagenen Ausführungen. In einem Gaserzeuger, bestehend aus dem sich nach oben erweiternden Teil *a* und dem Zylinder *b*, bringt ein Förderband *c* die fein gemahlene Kohle zu den Öffnungen *d*, wo sie durch den von verschiedenen Seiten kommenden Wind erfaßt und in den Verbrennungsschacht geschleudert wird. Infolge der Kegelform des Schachtes entsteht ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Winddruck oder dem Wasserdampfdruck und der Schwere der einzelnen, verschieden großen Kohlenteilchen. Da anfangs jedes derartige Teilchen noch von einer aus ihm selbst entwickelten Gasschicht umgeben ist, so ist die Reaktionsfläche zwischen Vergasungsmittel und Ver-

[4]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 26 u. 1578.

RZ 1215 Z 2

Abb. 2
Kohlenstaub-Gaserzeuger.

a Vergasungsraum *c* Förderband
b Zylinder *d* Blasöffnungen

[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 725.

Abb. 3. Darstellung von schwefelsaurem Ammonium nach dem Verfahren der I.-G. Farbenindustrie.

a Fördereinrichtung für Gips
b Kugelmühle
c Becherwerk
d Aufschlämmgefäß
e Sättiger
f Ammoniak-Destillierkolonne
g Nutsche
h Rührgefäß
i Hochbehälter
k Verdampferanlage
l Kondensator
m Unterdruckpumpe
n Schleuder
o Fördereinrichtung
p Lagerhaus für Ammoniumsulfat
q Vorratbehälter für Mutterlauge
r Bagger

gasungsstoff sehr groß und die innere Reibung aller Stoffe sehr gering. Infolge der guten Durchmischung des Ganzen steigt die Temperatur sehr gleichmäßig an, und der ganze Betrieb läßt sich in einer bisher noch nie erreichten Gleichmäßigkeit leiten.

Die Leunawerke arbeiten nach eigenem, eingehend durchgearbeiteten Verfahren, das z. Zt. ins Großtechnische übertragen ist. Wassergas und Generatorgas werden unmittelbar aus feinkörniger Rohbraunkohle erzeugt. Dabei werden mit einem Gaserzeuger von 12 m² Querschnitt die ungeheuren Mengen von 750 t Rohbraunkohle in 24 h vergast. Man arbeitet mit unvollständiger Verbrennung auf Kohlenoxyd bis auf 1100 bis 1200 ° und stellt dann auf Dampf um. Die Asche wird mitgerissen und in besonderen Reinigerkammern beseitigt. Das so erzeugte Wassergas enthält durchschnittlich 43 vH CO, 45 vH H_2 und 2,5 vH CO_2.

Hält der neue Gaserzeuger, was er zu versprechen scheint, so dürfte er die Wirtschaftlichkeit der Ammoniakgewinnung in Leuna sehr beeinflussen. Angesichts der Betriebsergebnisse, besonders in bezug auf den hohen Durchsatz, drängt sich zudem der Gedanke auf, ob nicht diese Art der Gaserzeugung bei der künftigen Gestaltung unsrer Gaserzeuger allgemein eine Rolle spielen könnte.

Die Gewinnung von Stickstoffsalzen

Weitaus die größte Menge des in Oppau und Leuna erhaltenen Ammoniakwassers wird auf Ammoniumsulfat verarbeitet, und zwar unter Ausschaltung der teuren Schwefelsäure mit dem in eignen Gruben gewonnenen reaktionsfähigen Gips. Dieser kommt in den Selbstentladewagen an, wird in einen Tiefbunker und von da, mit der Fördereinrichtung *a*, Abb. 3, in die Kugelmühlen *b* gebracht, wo er zu einem feinen Pulver zermahlen wird. Das Becherwerk *c* bringt den Gipsstaub in den Behälter *d*, wo er mit Wasser zu einem Brei verrührt wird, der dann in dem Sättiger *e* mittels eines Rührwerkes mit Ammoniak und Kohlensäure vermischt wird. Man gewinnt das Ammoniakgas durch Destillation in den Säulen *f* aus dem Ammoniakwasser; das Kohlendioxyd kommt als Nebenerzeugnis aus dem Kohlensäurewäscher der Hochdruckanlage. Nach der Umsetzung des Gemisches in Kalziumkarbonat und Ammoniumsulfat wird der Inhalt des Sättigers in Zellenfiltern[5]) oder Nutschen *g* unter Benutzung von Unterdrucksaugern abfiltriert.

Der Kalkschlamm wird nach Möglichkeit in der Landwirtschaft oder zur Herstellung von Kalksalpeter benutzt. Die Ammoniumsulfatlauge, die sich in *h* ansammelt, wird durch eine Pumpe nach dem Behälter *i* gedrückt; sie fließt von dort in die Verdampferanlagen *k*, wo sie mit Hilfe des Kondensators *l* und der Unterdruckpumpe *m* bis zur Ausscheidung des Salzes eingedampft wird. Von den Schleudern *n* vorgetrocknet, gelangt das Salz durch die Fördereinrichtung *o* in das Lagerhaus *p*, während die in *n* ablaufende Mutterlauge über den Behälter *q* in den Sättiger zurückgepumpt wird. Der Bagger *r* bringt das schwefelsaure Ammonium auf Transportbänder, die es entweder unmittelbar in den Verladeraum schaffen oder in Säcke befördern.

Vor dem Kriege hätte es wohl niemand für möglich gehalten, daß die Zeit kommen würde, zu der Natronsalpeter, auf dem Umweg über Ammoniak hergestellt, mit Chilesalpeter in Wettbewerb treten, und man sogar in Norwegen diesen Umweg der unmittelbaren Oxydation des Stickstoffs vorziehen könnte. Heute kostet 1 kg Stickstoff im Chilesalpeter frei Hamburg 1,41 bis 1,74 *RM*, in dem Natronsalpeter der I.-G. 1,25 *RM* frei Bahn. Im Kriege war natürlich das Verfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik zur Herstellung von Salpetererzeugnissen von entscheidender Bedeutung; aber auch heute ist der Bedarf der Landwirtschaft an Natronsalpeter und seinen Gemischen beträchtlich; denn der Salpeterstickstoff ist für die Landwirtschaft in gewissen Fällen höher zu bewerten als der Ammoniakstickstoff und wird daher auch entsprechend höher bezahlt.

Abb. 4 zeigt schematisch das heute von den Werken der I.-G. ausgeübte Verfahren zur Gewinnung von Natronsalpeter und Salpetersäure[6]). Das in den beiden Säulen abdestillierte Ammoniak wird in einem Gasbehälter gesammelt und durch das Schleudergebläse *a*, das auch Luft mitansaugt, mit dieser durch den Vorwärmer *b* und Wärmeaustauscher *c* dem Kontaktofen *d* zugeführt. Hier oxydiert unter Verwendung von wismuthaltigem Eisenoxyd als Kontaktstoff bei 700 ° das Ammoniak. Das dann im wesentlichen aus Stickoxyd, Sauerstoff und Stickstoff bestehende heiße Gas gibt seine Wärme an den Dampfkessel *e* und den Wärmeaustauscher *c* ab und wird dann in dem Turm *f*, der mit verdünnter Salpetersäure berieselt wird, vollständig abgekühlt. Der Kühler *g* dient dazu, der umlaufenden Salpetersäure die Wärme zu entziehen. In den vier ersten Türmen *h*, die ebenfalls mit verdünnter Salpetersäure berieselt werden, wird das Stickoxyd auf eine höhere Oxydationsstufe gebracht, so daß beim Lösen in Wasser Salpetersäure entsteht. Sie wird beständig durch die Pumpen *i* aus den Sammelgefäßen in Kreislauf versetzt, bis nach genügender Anreicherung ein Teil abgelassen und durch Wasser ersetzt wird.

[5]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1437; ein weiterer Aufsatz erscheint demnächst.

[6]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 725.

Abb. 4
Darstellung von Natronsalpeter nach dem Verfahren der I.-G. Farbenindustrie.

a Schleudergebläse
b Vorwärmer
c Wärmeaustauscher
d Kontaktofen
e Dampfkessel
f Kühlturm
g Kühler
h Absorptionstürme
i Umlaufpumpen
k Lüfter
l Rührgefäß
m Sodalösebehälter
n Hochbehälter
o Eindampfer
p Unterdruckpumpe
q Kondensator
r Schleuder
s Förderanlage des Natronsalpeters zum Speicher

In den beiden letzten Türmen *h* werden die Gase alsdann mit Sodalösung berieselt. Der Lüfter *k* saugt die ausgenutzten Gase an und drückt sie ins Freie. In dem Behälter *l* kommt die Natriumnitratlösung mit der in den ersten Türmen gewonnenen Säure zusammen; der Säureüberschuß wird mit Sodalösung aus dem Behälter *m* abgestumpft, worauf die Natronsalpeterlösung in den Behälter *n* gepumpt wird, von wo sie in die Eindampfanlage *o* gelangt, die mit der Unterdruckpumpe *p* versehen ist. Die Dämpfe sammeln sich im Kondensator *q*, während das ausgeschiedene Salz in der Schleuder *r* von der Mutterlauge getrennt wird. Die Förderanlage *s* bringt den Natronsalpeter zum Speicher.

Die I.-G. Farbenindustrie, A.-G., stellt noch eine ganze Reihe andrer Düngesalze für die verschiedensten Erfordernisse der Landwirtschaft her, die sie in eignen landwirtschaftlichen Versuchsanlagen ausgeprobt hat. Die dadurch bewirkte Steigerung des Verbrauchs zusammen mit der technischen Vervollkommnung aller Verfahren machen es erklärlich, daß in Deutschland die Preise sämtlicher künstlicher Stickstofferzeugnisse, Norgesalpeter ausgenommen, sich in den letzten 12 Jahren senkten, während fast alle andern Waren teuerer wurden.

Die Kohlendestillation

Die bei der Ammoniaksynthese verbrauchte Kohlenmenge wird schon heute in einer Weise ausgewertet, wie sie vollkommener kaum gedacht werden kann. Betrachtet man aber die deutsche Kohlenwirtschaft, so kann von einer zweckmäßigen Ausbeutung des in der Kohle vorhandenen Wärmeinhaltes nicht entfernt die Rede sein. Zwei technisch hoch entwickelte Industrien verarbeiten hauptsächlich die Rohkohle: die Gaswerke und, in ganz erheblich größeren Mengen, die Kokereien. Jene stellen Gas her, ohne sich im allgemeinen der Nachfrage nach Koks anpassen zu können, diese erzeugen Koks, ohne zu wissen, was sie mit ihrem Gas anfangen sollen. Beide sind daher einander im Wege und beeinflussen dadurch die Auswertung des geförderten Kohlengutes. Der heute entbrannte wirtschaftliche Kampf um die Großgasversorgung dürfte der Beginn einer Änderung dieses Zustandes sein, ganz gleich, wie er ausgehen wird; er geht übrigens Hand in Hand mit der durch die technische Entwicklung der beiden Industriezweige bedingten Annäherung in bezug auf die Ausgestaltung des Betriebes: der Verwendung von Schwachgas zum Beheizen der Kammern in den Verbundöfen bei den Kokereien und der Benutzung von Kammeröfen statt Retorten in den Gaswerken. Hier wird sich die Frage nach rationeller Ausnutzung der Kohlen in nicht zu ferner Zeit von selbst lösen.

Die Herstellung von Wasserstoff aus Koksofengasen durch Tiefkühlung nach Bronn-Linde-Concordia

Die technische Vollkommenheit der Schwachgas-Verbundöfen haben die Zechen insofern in eine Art von Zwangslage versetzt, als die Frage nach zweckmäßiger Verwendung von Kokereigas immer dringender wird, zumal infolge der großen Fortschritte, die auf dem ganzen Gebiet der Wärmewirtschaft zu verzeichnen sind, der Bedarf an Kohlen für die Tonne Fertigerzeugnis überall zurückgegangen ist, wodurch der Absatz der geförderten Kohlen und damit die Einnahmen der Zechen geschmälert wurden. Ferngasversorgung und Wasserstoffgewinnung aus Koksofengasen finden daher mit einem Male besondere Beachtung in der Technik. Da die Behandlung der wichtigen, aber etwas schwierigen und noch sehr unentschiedenen Streitfrage einer Großgasversorgung Deutschlands so umfangreich würde, daß sie den Rahmen dieses Aufsatzes wesentlich überschreiten müßte, sei nachfolgend die zwar wirtschaftlich weniger wichtige, dafür aber technisch bemerkenswertere Gewinnung von Wasserstoff aus Koksofengasen kurz behandelt.

Das von J. Bronn ausgehende Verfahren[7]) wurde in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen in der Rombacher Hütte, jetzt Concordia, durchgeführt. Der französische Erfinder Claude kam, unabhängig von Bronn, einige Jahre später zu einem ähnlichen Verfahren der Gewinnung von Wasserstoff aus Kokereigas. Die ausländischen Firmen Soc. Semet Solvay-Piette, Soc. des Mines de Lens, Etablissement Kuhlmann u. a. gewinnen ihren Wasserstoff nach Claude und be-

[7]) DRP Nr. 301 984.

nutzen ihn zur Claudeschen Ammoniaksynthese. Wasserstoff nach Bronn-Linde-Concordia stellt heute außer Concordia die Gewerkschaft Mont Cenis her und verarbeitet ihn nach eignem Verfahren zu Ammoniak. Im Bau begriffene Anlagen besitzen die Firmen Hibernia und die A.-G. für Kohlechemie, von denen diese ihr Ammoniak nach Casale, die Hibernia nach dem Verfahren von Mont Cenis herstellen werden.

Das Verfahren von Bronn-Linde-Concordia zur Herstellung von Wasserstoff durch Tiefkühlung aus den Destillationsgasen der Kohle beruht darauf, daß, ähnlich wie bei der Verflüssigung der Luft, die einzelnen Bestandteile der auf die übliche Weise gereinigten Koksofengase dadurch voneinander getrennt werden, daß man das Gasgemisch unter Druck bis unter den Verflüssigungspunkt der einzelnen Gase abkühlt. Dabei besteht aber ein sehr wesentlicher Unterschied gegenüber dem Luftverflüssigungsverfahren: In den Linde-Apparaten bedient man sich des Thomson-Joule-Effektes zur Erlangung der niedrigen Temperaturen, d. h. man benutzt die Abkühlung, die bei der Wiederausdehnung der hochverdichteten Luft entsteht, und verwertet sie im Gegenstromaustauscher. Da aber der Thomson-Joule-Effekt für die einzelnen Gase sehr verschieden ist und z. B. bei Wasserstoff oberhalb bestimmter Temperaturgrenzen gar nicht vorhanden oder sogar negativ sein kann, so muß man mit andern Mitteln die zur Trennung der Gase notwendigen tiefen Temperaturen zu erreichen suchen. Man benutzt dazu den nach Linde verflüssigten, siedenden Stickstoff, dessen Verdampfwärme den Koksofengasen so lange entzogen wird, bis die dem Druck entsprechenden Verflüssigungstemperaturen einzelner Bestandteile, bis auf Wasserstoff, erreicht sind. Diese Bestandteile können alsdann für sich nacheinander dem Trenngerät entnommen werden.

Die aus der Gewinnung von Nebenerzeugnissen stammenden Koksofengase, die etwa zur Hälfte aus Wasserstoff und zu 20 bis 30 vH aus Methan bestehen, werden zunächst auf 10 at vorverdichtet und in einem Waschturm mit Druckwasser von der Hauptmenge des Kohlendioxyds und den Resten von Ammoniak, Benzol und Azetylen befreit. Da nicht eine Spur von Kohlendioxyd zurückbleiben darf, so werden die letzten 0,2 bis 0,5 vH in einem Rieselturm mit Natronlauge beseitigt. Die Gase gelangen nun, noch weiter verdichtet, in die Vorkühler, wo ihre Temperatur durch die bereits verdichteten Einzelgase im Gegenstrom und zuletzt mit Ammoniakkühlern bis auf — 40 bis — 50° herabgesetzt wird. Nunmehr treten sie, infolge der tiefen Temperatur bereits weitgehend gereinigt, in das Trenngerät, Abb. 5, ein. Infolge der abnehmenden Temperatur verflüssigen sich die Gase, vom Azetylen angefangen bis zum Kohlenoxyd, bis schließlich der am schwersten zu verflüssigende Wasserstoff gasförmig zurückbleibt.

Man erzeugt im allgemeinen nicht reine Gase, sondern begnügt sich mit Gemischen, die an verschiedenen Stellen des Gerätes, der abnehmenden Temperatur entsprechend, fraktionsweise abgelassen werden. Auf der Zeche Concordia in Oberhausen (wo nicht auf Ammoniak gearbeitet wird) gewinnt man so ein azetylenreiches Methan (Methan B) und nahezu reines Methan R von etwa 96 vH Gehalt. Der zuletzt bei — 196° und 30 at erhaltene Wasserstoff wird von den letzten Spuren von Kohlenoxyd dadurch völlig gereinigt, daß man ihn mit siedendem Stickstoff berieselt.

Falls man den Wasserstoff zur Ammoniaksynthese verwenden will, gestaltet sich das Verfahren insofern etwas anders, als man sich mit dem Vordruck von 10 at bis zuletzt begnügt und die Temperatur des schließlich zur Reinigung benutzten Stickstoffs so wählt, daß man ihn in entsprechender Menge dem Wasserstoff sofort beimischen kann. Das völlig reine Gasgemisch gelangt dann sofort in die Ammoniakfabrik.

Besonders für die Ammoniaksynthese, bei der es auf unbedingte Reinheit der Gase ankommt, bietet die mit dem Tiefkühlverfahren erreichte verhältnismäßig einfache Reinigung offensichtliche Vorteile.

Das wichtigste Nebenerzeugnis bei dieser Zerlegung der Koksofengase, das Methan, das einen unteren Heizwert von 9500 kcal/kg aufweist, hat seine besonderen Verwendungsmöglichkeiten, wie z. B. beim Ersatz für Leuchtgas, Lötgas, bei der Gasschweißung usw.; es wird aber vorläufig im wesentlichen noch zum Beheizen von Kokskammern, Dampfkesseln oder ähnlichem verbraucht. Tatsächlich ist verdichtetes Methan ein vorzüglicher Kraftstoff, und man bemüht sich neuerdings, das Gas in 200 kg aufnehmenden Stahlflaschen für den Betrieb von Kraftomnibussen zu verwenden[8]). Einstweilen aber fehlt es noch an einer geeigneten Absatzmöglichkeit.

Ersatz des Erdöles

In den letzten zwei Jahrzehnten ist neben der Kohle die Großmacht Erdöl zur Bedeutung gekommen. Leider besitzt Deutschland so gut wie keine natürlichen Erdölquellen. Die 1 300 000 t Teer, die Kokereien und Gaswerke zusammen jährlich erzeugen und von denen große Mengen von der Farbstoffindustrie benutzt werden, genügen bei weitem nicht für den Bedarf. 1½ Mill. t Treib- und Schmieröle müssen zur Zeit jährlich vom Ausland bezogen werden. Um diese Einfuhr mit den Mitteln der heutigen Technik aus Kohlen zu decken, wären nur 2 vH der deutschen Kohlenförderung nötig (C. Krauch). Dabei

Abb. 5
Trennanlage für Koksofengase nach Bronn-Linde-Concordia; Steuerseite.

ist aber zu beachten, daß es sich immerhin um etwa ⅓ Milliarde ℛℳ handelt, die wir für Mineralöle an das Ausland bezahlen; dazu kommt, daß voraussichtlich der Ölverbrauch in Deutschland in den nächsten Jahren sehr zunehmen wird, verbrauchen wir doch nur 11 l Mineralöl jährlich auf den Kopf der Bevölkerung, gegen 860 l in den Vereinigten Staaten.

Die Zahlen zeigen, daß es für die deutsche Wirtschaft von großer Bedeutung ist, ob es gelingt, aus der heimischen Kohle den Bedarf an Mineralölen zu decken. Nun ist diese Frage heute zwar technisch als gelöst anzusehen, doch hängt ihre praktische Lösung ebenso sehr von wirtschaftlichen Vorbedingungen wie von der technischen Durchführbarkeit ab.

Urteergewinnung

Die Gewinnung größerer Mengen von Teerölen erhoffte man nach dem Krieg in etwas übertriebenem Maße von der Tieftemperaturverkokung, bei der zwei- bis dreimal so viel an Teer abfällt, als beim Kokerei- und Gaswerkverfahren. Wenn auch die Hoffnungen in dem damals gedachten Umfang nicht erfüllt wurden, so ist die Frage der Urteergewinnung doch noch lange nicht abgetan, da

[8]) Autotechnik Bd. 11 (1922) S. 6; Zeitschr. für komprimierte und flüssige Gase Bd. 25 (1926) S. 53.

man heute aus minderwertiger Kohle nach dem Verfahren der Kohlenscheidungsgesellschaft m. b. H.[9]), sowie auch nach dem Plaßmannschen Verfahren[10]) einen guten, zu Hausbrandzwecken verwendbaren Schwelkoks herstellen kann.

Der Gedanke der Tieftemperaturverkokung findet eine glückliche Verkörperung im Schwelgaserzeuger[11]), der eine sehr weitgehende Auswertung des Wärmeinhaltes der Kohle ermöglicht und bei der Braunkohlenveredlung eine immer bedeutsamere Rolle spielt. Vielleicht ist das Schwelgasverfahren die Vorstufe der erstrebten „restlosen Vergasung". Zunächst tritt aber heute infolge der Entwicklung des Dieselmotors und der Explosionsmotoren als andre Forderung gebieterisch hervor, möglichst viel flüssige Brennstoffe aus der Kohle zu gewinnen. In der Verfolgung dieses Zieles ist die Tieftemperaturverkokung wohl endgültig verdrängt durch erfolgreichere Wege.

Verfahren von Prudhomme

Von den ausländischen Verfahren zur Gewinnung von Ölen aus Kohle ist bis heute keines zu großtechnischer Anwendung gelangt. Doch möge hier die in Deutschland noch unbekannte unmittelbare Hydrierung von Destillations- und Generatorgasen nach Prudhomme[12]) erwähnt werden, besonders wegen des sehr beachtenswerten Grundgedankens. Die großtechnische Ausführung des seit vier Jahren bearbeiteten Verfahrens soll nach Angabe des Erfinders von der Soc. Anonyme Francaise pour la fabrication des essences et pétroles in Beaucamp bereits begonnen sein.

Der Brennstoff wird bei 500 bis 600 ° vergast. Man reinigt die heißen Gase sofort nach dem Austritt aus dem Ofen nach einem besonderen katalytischen Verfahren vom Schwefel, worauf sie (offenbar bei Atmosphärendruck) bei etwa 250 ° in Gegenwart von Wasserdampf katalytisch hydriert werden. Dazu wird außer dem bereits vorhandenen molekularen Wasserstoff und demjenigen, der bei der Entschwefelung von Schwefelwasserstoff gewonnen wird, der Wasserstoff benutzt, der sich durch Einwirkung des Wasserdampfes auf Kohlenoxyd bildet. Da er im Augenblick des Entstehens zu wirken vermag, wird die Hydrierung sehr erleichtert. Diese hat man sich so zu denken, daß die äußerst reaktionsfähigen, zum Teil hochsiedenden Kohlenwasserstoffe und Kohlen-Wasserstoff-Sauerstoff-Verbindungen, die bei der Kondensation den Teer ergäben, durch Anlagerung von Wasserstoff in einfachere, niedriger siedende Kohlenwasserstoffe zerlegt werden. Das Gasgemisch wird nun in der üblichen Weise abgekühlt, während das Rohöl noch einmal hydriert und dann raffiniert wird. Es enthält angeblich 70 vH Bestandteile, die unter 200 ° sieden. Aus 1 t Braunkohle, die bei gewöhnlicher Vergasung 100 l Teer und 14,8 kg Ammoniumsulfat ergab, erhielt Prudhomme nach seinem Verfahren 122 l Teer und 32,6 kg Ammoniumsulfat, wobei aber zu beachten ist, daß dieser Teer einen wesentlich höheren Verkaufswert hat, als der bei der gewöhnlichen Vergasung gewonnene.

Wie ersichtlich ist, handelt es sich hier trotz der etwas hohen Vergasungstemperatur um eine besondere Art der Tieftemperaturverkokung. Führt die erwähnte französische Gesellschaft das Verfahren wirklich im Großen aus, so wird es sich zeigen, ob die Ausbeuten, die in manchen Fällen allerdings noch etwas höher sind, als oben angegeben, den offenbar ziemlich verwickelten Betrieb lohnen.

Die Herstellung flüssiger Brennstoffe über Kohlenoxyd

Die Badische Anilin- und Sodafabrik hatte bereits vor dem Krieg, angeregt durch die Erfolge bei der Ammoniaksynthese, versucht, Wasserstoff an Kohlenoxyd anzulagern[13]). Man erhielt bei bestimmten Drücken und Temperaturen ein Gemisch von Verbindungen, bei denen entweder die Kohlenwasserstoffe (z. B. das Methan, das verhältnismäßig leicht bei gewöhnlichem Druck erhalten wird) oder Alkohole, Aldehyde, Säuren usw. je nach dem angewandten Katalysator vorherrschten. Das Bestreben, die Arbeitsbedingungen bei der Einwirkung von Wassergas auf Kohlenoxyd so einzustellen, daß unabhängig vom Zufall ein bestimmtes einheitliches Erzeugnis erhalten wird, führte 1923 zum Ziel. Seitdem stellt man in Leuna nach dem sogenannten Methanolverfahren bei 400 ° und 100 at, in Gegenwart von Oxyden schwer reduzierbarer Metalle, Methylalkohol her. Man kann dabei den Wasserstoff sowohl auf Kohlenoxyd als auch auf Kohlendioxyd einwirken lassen. Dieser synthetisch hergestellte Methylalkohol vermag bereits seit zwei Jahren bis in die Vereinigten Staaten hinein mit dem aus Holz hergestellten Erzeugnis in Wettbewerb zu treten.

Das Methanolverfahren der I.-G. ist bis jetzt das einzige, das die Herstellung eines flüssigen Brennstoffes über Kohlenoxyd im Großen ermöglicht hat. Seit einigen Jahren arbeitet auch das Mülheimer Kohlenforschungsinstitut an der gleichen Aufgabe[14]). Franz Fischer, der Leiter des Instituts, und sein Mitarbeiter Tropsch fanden, daß man einen guten Betriebstoff erhält, von ihnen Synthol genannt, wenn man bei 150 at und 400 ° Wasserstoff und Kohlenoxyd, unter bestimmten Versuchsbedingungen auch Kohlendioxyd, in Gegenwart von Eisenspänen zusammenbringt, die mit Alkali behandelt sind. Das Synthol besteht im wesentlichen aus höheren Alkoholen, Aldehyden und Ketonen und enthält so gut wie keine Kohlenwasserstoffe. Erst durch Abspaltung von Wasser entsteht ein Gemisch von diesen, Synthin genannt. Es ist dann den Erfindern auch gelungen[15]), ohne Überdruck bei 270 ° Gemische von aliphatischen Verbindungen vom Methan bis zu den Paraffinen zu erhalten. Der Vorgang kann so geleitet werden, daß im wesentlichen ein benzinartiges Erzeugnis entsteht. Hauptbedingung ist hier, wie bei allen andern Kontaktverfahren: völlige Reinheit der Gase, insbesondere Abwesenheit von Schwefel.

Der mit Sauerstoff arbeitende Gaserzeuger

Betrachtet man die Verfahren zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen über Kohlenoxyd wärmetechnisch, so fällt zweierlei auf: Erstens entzieht man beim Vergasen den die Kohle bildenden Molekülen den Wasserstoff und ersetzt ihn durch Sauerstoff, dann beseitigt man durch Anwendung hoher Temperaturen, Kontakstoffen und gegebenenfalls hohen Drücken den Sauerstoff wieder und ersetzt ihn durch Wasserstoff. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß solche theoretischen Überlegungen nicht unbedingt entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sind; denn schließlich kommt es darauf an, was die Energieumwandlungen kosten (zum Vergleiche diene das heutige Verfahren der Norsk Hydro zur Herstellung von Oxyden des Stickstoffs über Ammoniak). Zweitens sind alle Verfahren auf einen Wassergaserzeuger angewiesen, der immer wieder heiß geblasen werden muß, bevor der Wasserdampf zersetzt werden kann; dies bedeutet aber, von Ausnahmen abgesehen, einen Kraftverlust. Zwar gibt es Gaserzeuger mit ununterbrochenem Betrieb, in die man Luft und Wasserdampf zugleich einbläst, aber sie kranken daran, daß der mitgeschleppte Stickstoff den Heizwert des Gases zu sehr herabsetzt.

Besonders in Hinsicht auf die Vorteile, die ein ununterbrochener Betrieb des Gaserzeugers bietet, hat neuerdings R. Drave[16]) auf den mit Sauerstoff betriebenen Wassergaserzeuger hingewiesen, nachdem sich bereits vor 30 Jahren Linde und später Hempel[17]) und Lürmann[18]) mit der gleichen Frage beschäftigt haben. In jüngster Zeit hat Drawe zusammen mit den Berliner Gaswerken, A.-G., in Tegel bei Berlin eine Versuchsanlage errichtet. Die Vergasung findet in bekannter Weise im Schwelgaserzeuger statt. Der Sauerstoff wird im Linde-Gerät zur Luftverflüssigung gewonnen und mit Wasserdampf zusammen in den Brennstoff (Braunkohlenkoks)

[9]) Z. Bd. 69 (1925) S. 564.
[10]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1783.
[11]) W. Gluud, Die Tieftemperaturverkokung, Halle 1921.
[12]) Prudhomme, „Le Pétrole Roi", Paris 1927.
[13]) DRP 293 787 (1913).

[14]) Z. Bd. 69 (1925) S. 15 und 899.
[15]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 7 (1926) S. 97.
[16]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 69 (1926) S. 1013 und Zeitschr. für komprimierte und flüssige Gase Bd. 16 (1927) S. 69.
[17]) „Chemie und Industrie" Bd. 21 (1899) S. 1; Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleißes Bd. 81 (1901) S. 32.
[18]) „Stahl und Eisen" Bd. 23 (1903) S. 433.

Abb. 6 und 7
Vergleichende Ausbeuten bei der Verflüssigung von Kohle nach Bergius (oberes Bild) und bei der Tieftemperaturverkokung (unteres Bild).

des Vergasungsschachtes eingeblasen. Man leitet den Vorgang so, daß das heiße Klargas gerade hinreicht, den Brennstoff des Schwelschachtes zu entgasen, so daß nur ein Gasabzug und dementsprechend nur eine Reinigungsanlage nötig sind. Die Asche wird in regelmäßigen Zeiträumen beseitigt, während der Betrieb ununterbrochen weitergeht.

Außer dem stetigen Betrieb und der damit verbundenen Wärmeersparnis hat der Gaserzeuger den Vorteil der billigeren, weil kleineren Anlage. An Stelle von 2,3 m³ Luft-Wasserdampf-Gemisch hat man nur 1,1 m³ Sauerstoff-Wasserdampf-Gemisch durch die Anlage zu schicken. Auch die Reinigungsanlagen können dementsprechend kleiner gestaltet werden.

Die Kosten für den Sauerstoff dürften für die Wirtschaftlichkeit des Gaserzeugers entscheidend sein. Drawe nimmt bei seinen Berechnungen einen Strompreis von 2 bis 2,5 ₰/kWh an und berechnet die Kosten für 1 m³ Sauerstoff, mit 95 vH Reingehalt, auf 3 ₰. Das in Tegel hergestellte Gas hat bei einem Heizwert von etwa 3000 kcal/kg im Durchschnitt folgende Zusammensetzung:

42,8 vH Wasserstoff,
32,9 „ Kohlenoxyd,
13,2 „ Kohlendioxyd,
6,0 „ Stickstoff,
2,3 „ schwere Kohlenwasserstoffe,
1,1 „ Methan.

Mit 1 m³ Sauerstoff können 16 000 bis 17 000 kcal gewonnen werden, entsprechend etwa 5,5 m³ Gaserzeugergas. Mit einer Linde-Anlage, die in 24 h 45 000 m³ Sauerstoff liefert, können folglich rd. 250 000 m³ Gas täglich erzeugt werden. Für 1 m³ Gas sind angeblich 2,5 kg Rohbraunkohle erforderlich. Die Erzeugungskosten von 1 m³ Gas (3000 kcal/kg) berechnet Drawe mit 2,1 ₰, so daß 1000 kcal 0,7 ₰ kosten würden, während die Kosten von Wassergas mit 2800 kcal/m³ mit 2,5 ₰, von Steinkohlengas mit 4200 kcal/m³ mit 7 ₰ angenommen werden. Durch Karborierung würde sich der Heizwert des erhaltenen Gases den jeweiligen Bedürfnissen anpassen lassen.

Der mit Sauerstoff arbeitende Gaserzeuger hat wohl zunächst da Aussicht auf Erfolg, wo man Sauerstoff als Nebenerzeugnis gewinnt, also z. B. bei dem Verfahren zur Tiefkühlung von Kokereigasen.

Die Hydrierung von Kohle und Teer

Wie bereits erwähnt, stehen der Lösung der Frage, Deutschlands gesamten Benzin- und Schmierölbedarf aus inländischer Erzeugung zu decken, heute keine rein technischen Schwierigkeiten entgegen. Es steht fest, daß durch die Hydrierung der Kohle Mineralöle großtechnisch so wohlfeil hergestellt werden können, daß sie den Wettbewerb mit den natürlichen Erdölerzeugnissen aufzunehmen vermögen. Ob das für unsre deutsche Volkswirtschaft so erstrebenswerte Ziel, unseren Gesamtbedarf an Ölen durch inländische Erzeugung zu decken, schon in den nächsten Jahren vollständig erreicht wird, hängt nicht nur von seiner technischen Durchführbarkeit, sondern auch von einer Reihe von Umständen wirtschaftlicher Art ab.

Das Verfahren der Umwandlung von Kohlen in Öle ist mit dem Namen Bergius verbunden und wird auch dann mit ihm verbunden bleiben, wenn von dem ursprünglich von Bergius eingeschlagenen Weg andre Wege abzweigen. Der Erfinder selbst hat in dieser Zeitschrift[19]) eingehend über sein Verfahren berichtet. Neuerdings hat er sich in zwei Vorträgen über den Stand der Kohlenverflüssigung geäußert: Im November 1926 in Pittsburg[20]) und im Frühjahr 1927 (unveröffentlicht) in der Ingenieurwissenschaftlichen Akademie in Stockholm. Bergius bringt in diesem Vortrag die verwickelten Vorgänge der Ölsynthese auf die einfache Formel: „Der Kohlenverflüssigungsprozeß benutzt den in der natürlichen Kohle zu etwa 4 vH enthaltenen Wasserstoff und fügt diesem etwa so viel Wasserstoff hinzu, daß aus der festen Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff-Verbindung die flüssige Kohlen-Wasserstoff-Verbindung, das Gemisch der verschiedenen Öle entsteht".

Die Zufügung des Wasserstoffes wird bei 450 ° vorgenommen, der Temperatur, bei der die großen Moleküle der Stoffgemische aufbrechen, die die Kohle bilden. Zur zweckentsprechenden Anlagerung des Wasserstoffes an die Bruchstellen im Augenblick ihrer Entstehung bedarf es eines Druckes von 150 at. Die gemahlene Kohle wird mit Pech als Bindemittel und Eisenoxyd (zur Schwefelbeseitigung) zu einer Paste geformt und durch die Hochdruckanlage gepreßt. Der ununterbrochen laufende Betrieb wird heute so geleitet, daß er sich in einem Kreislauf bewegt. Die eingebrachte Kohle wird in Öl verwandelt ohne daß fremde Stoffe, außer Heizkohle und elektrischer Kraft, gebraucht würden. Zur Herstellung des Wasserstoffes dient das eigne, bei dem Vorgang entstehende Gas.

Einen Begriff von den heute nach dem Berginverfahren erreichten Ausbeuten im Vergleich zu denen der Tieftemperaturverkokung geben Abb. 6 und 7.

In dem erwähnten Stockholmer Vortrage wies Bergius darauf hin, daß bei der Steinkohlengas-Erzeugung und der Kohlenverflüssigung etwa die gleiche Menge von gasförmigen Stoffen, dem Wärmeinhalt nach, entsteht. Nach dem einen Verfahren wird die Kohle in Gas und Koks, nach dem andern in Gas und Öl zerlegt, und es stände daher der Benutzung einer Kohlenverflüssigungsanlage als Gasanstalt nichts im Wege. Dabei entsteht die Frage: Woher erhält man den Wasserstoff, der ja sonst bei dem Berginverfahren aus dem Gas selbst erzeugt werden soll? Wäre das Bergingas wesentlich weniger wert, als das Berginbenzin, so hätte der Vorschlag keinen Sinn. Da aber der Wert beider, dem Gewicht nach, fast der gleiche

[19]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1313 und 1359.
[20]) Proceedings of the International Conference on Bituminous Coal Nov. 15/18, 1926.

Abb. 8
Vereinigung einer Steinkohlengasanlage mit einer Berginanlage.

ist, so müßte der Wasserstoff zur Gewinnung des wertvollen Gases aus Wassergas hergestellt werden, und zwar in der Weise, wie es bei der Ammoniaksynthese beschrieben wurde. Zur Herstellung des nötigen Kokses wäre dann eine Gasanstalt oder eine Kokerei mit einer Kohlenverflüssigungsanlage, etwa wie in Abb. 8, zu verbinden. Die Gasanstalt würde Steinkohlengas mit Koks, die Wasserstoffanlage den über Wassergas hergestellten Wasserstoff liefern, der in der Berginanlage Kohle in Gas und Öl zu verwandeln hätte. Die beiden Gasströme würden vereinigt, nachdem das etwas hochwertigere Bergingas gegebenen Falles mit Wassergas auf den gewöhnlichen Heizwert gebracht worden wäre. Eine derartige Anlage würde nicht mehr Gas und Koks, sondern Gas und Öl liefern.

Dieses Verfahren käme da in Betracht, wo ein großer Gasbedarf vorhanden ist, also z. B. in Städten, dagegen eine gewöhnliche Berginanlage dort, wo eine Gasabgabe nicht in Frage käme, sondern etwa günstige Kohlenquellen zu erschließen wären. Der erste Weg dürfte der im ganzen wirtschaftlich vorteilhaftere sein, der zweite dagegen der für die Ölwirtschaft an sich wichtigere.

Die Berginanlage in Rheinau ist auch heute noch eine technische Versuchsanstalt in großem Ausmaß. Hier begann Bergius 1913 seine Laboratoriumsversuche ins Große zu übertragen, und hier führte er sein Verfahren in unentwegter äußerst mühevoller Arbeit bis zum heutigen Stande durch, zum Glück unterstützt von zum Teil sehr gewichtigen, treuen Helfern.

Inzwischen hat das Berginverfahren auch den ersten Schritt in die Großindustrie getan: Die der rheinisch-westfälischen Kohlenindustrie nahestehende Gesellschaft für Teerverwertung m. b. H. gründete 1927 die A.-G. für Steinkohlenverflüssigung und Steinkohlenveredlung, die zur Zeit in Meiderich bei Duisburg eine Berginanlage zum Hydrieren von Steinkohle und Teer baut. Der besonders für die Behandlung von Teer nach Bergius erforderliche Wasserstoff wird von der Zeche Concordia geliefert werden, die ihn aus ihren Koksofengasen nach dem oben besprochenen Verfahren herstellt.

Infolge der Hydrierung der hochsiedenden Bestandteile des Teers werden diese zum großen Teil in erheblich wertvollere niedrig siedende zerlegt und dadurch wird das, was die Erdölindustrie mit dem Krackverfahren[21]) erstrebt, in vollkommenerer Weise erreicht. Aus diesem Grunde wenden die großen Ölgesellschaften mehr und mehr der Hydrierung ihre Aufmerksamkeit zu. Anderseits beschäftigt sich die I.-G. nach wie vor mit dem Krackverfahren, mit dem man bereits die Hälfte der Schweröle in Benzin verwandeln kann. Der Bau der Berginanlage in Meiderich ist zunächst für die Verarbeitung von 30 000 t Steinkohle und Teer vorgesehen.

Die I.-G.-Farbenindustrie, A.-G., die die deutschen Rechte für die Berginverfahren erworben hat und außerdem in der Lage ist, die jahrelangen Erfahrungen der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik über Hochdrucktechnik im allgemeinen und Kohlenhydrierung im besonderen zu verwerten, verfolgte von Anfang an den gleichen Weg, der seiner Zeit zur Methanolgewinnung führte: das Verfahren, die Hydrierung gleichsam in mehrere Phasen zu zerlegen, von denen jede ein ganz bestimmtes einheitliches Erzeugnis zu liefern hätte. Diesem Bestreben entsprechend, unterscheidet sich die in Leuna ausgeführte Kohlenverflüssigung in einem Punkt wesentlich von der Hydrierung nach Bergius, daß man nämlich hier auf Kontaktstoffe verzichtet, während sie dort eine Ausschlag gebende Rolle spielen. Die verschiedenen Katalysatoren erlauben eine „auswählende Reaktionsfolge" und kennzeichnen die Wege zu den gewünschten Enderzeugnissen. Die Leunawerke vermögen Benzine herzustellen, die selbst der Chemiker nicht mehr von den natürlichen Benzinen unterscheiden kann. Das Leunabenzin übertrifft sogar die Beschaffenheit gewisser Erdölbenzine, die die unangenehme Eigenschaft des Klopfens zeigen, insofern, als infolge des Hineinarbeitens von aromatischen Kohlenwasserstoffen in das Gemisch der aliphatischen jenes Klopfen vermieden werden kann.

[21]) Vergl. Singer, Herstellung von Benzin durch Kracken schwerer Öle, Z. Bd. 69 (1925) S. 759.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß ebenso wie die Technik heute für jeden Betriebstoff einen Motor bauen kann, die Chemie für jeden Motor den erforderlichen Betriebstoff herzustellen vermag (Wa. Ostwald).

Von der Verwendung von Kontaktstoffen abgesehen, ist das Verfahren der Ölsynthese in Leuna dem Berginverfahren ähnlich, wobei noch hervorgehoben werden soll, daß bei Bergius der Wasserstoff nicht vollkommen rein zu sein braucht, während in Leuna jedes Kontaktgift vermieden werden muß. Die wohlfeile Herstellung von Wasserstoff aus der reaktionsfähigen, billigen Braunkohle dürfte die Wirtschaftlichkeit der Ölsynthese in Leuna sehr begünstigen, besonders durch die Vorteile, die der erwähnte neue Gaserzeuger bietet.

Die I.-G. Farbenindustrie, A.-G., hat denn auch in der Herstellung von künstlichen Mineralölen heute den Vorsprung. Sie stellt in den Leunawerken zur Zeit bereits beträchtliche Mengen von künstlichem Benzin her, auf dessen Erzeugung es hauptsächlich abgesehen ist. Die ausgebaute Anlage, die Ende dieses Jahres auf eine Leistung von 100 000 t Benzin jährlich gebracht sein wird, kann Ende 1929 das Doppelte erzeugen, und zwar, dank technischer Neuerungen (darunter wohl besonders des neuen Gaserzeugers) ohne bauliche Erweiterungen.

Was die Wirtschaftlichkeit der Mineralölindustrie anbelangt, so kann man annehmen, daß die Einfuhr von Ölen 1927 rd. 1,5 Mill. t (darunter 600 000 t Benzin) beträgt, und daß sie in den nächsten Jahren zunehmend eine Steigerung von zunächst mindestens 100 000 t aufweisen müßte, falls nicht im Inlande größere Mengen von flüssigen Brennstoffen erzeugt werden[22]). Dabei könnte auch das Methan wirtschaftliche Bedeutung erlangen, falls es gelingt, ihm eine geeignete Verwendung als Betriebstoff zuzuweisen. Die vier deutschen Kokereien: Mont Cenis, Hibernia, Viktor, Gesellschaft für Kohlechemie, vermögen nach Fertigstellung ihrer Anlagen täglich 1 Mill. m^3 Koksofengas zu zerlegen, wobei 200 000 m^3 Methan gewonnen werden. Setzt man die Heizwerte von 1 m^3 Methan und 1 kg Benzin gleich, so entsprechen die täglich entfallenden Methanmengen 200 t Benzin.

Einstweilen liegt aber die Herstellung von Mineralölen lediglich in den Händen der beiden Werke in Leuna und Meiderich. Sie dürften sich vorläufig damit begnügen, die jährliche Zunahme des Ölverbrauches zu decken. Die Entwicklung der Erzeugung von synthetischen Ölen in Deutschland hängt eben weitgehend von wirtschaftlichen Erscheinungen ab und somit auch von dem Verhalten der großen Ölgesellschaften. Anderseits haben diese auch heute schon mit dem Wettbewerb des Leunabenzins zu rechnen und außerdem dürften sie die Erfahrungen und die wissenschaftlichen Erkenntnisse der I.-G. Farbenindustrie, A.-G., zur Verwandlung der Resterzeugnisse ihrer Ölraffination in Benzine gut gebrauchen können. So vermochten diese großen Industriemächte naturgemäß zu wirtschaftlicher Annäherung zu gelangen. Im Herbst 1927 kam eine Vereinbarung der I.-G. mit der Standard Oil Co. zustande, bei der unter anderem auch das gemeinsame Studium der Hydrierungsfrage in der Erdölindustrie als Ziel gesetzt wurde. Die Standard Oil Co. läßt zur Zeit mit der Unterstützung der I.-G. eine Versuchsanlage in den Vereinigten Staaten errichten, die noch im Laufe dieses Sommers in Betrieb genommen werden soll. Die Verständigung könnte um so leichter zustande kommen, als die I.-G. einmal die äußerst wichtige Markt- und Verteilungsfrage für ihre Öle zu lösen hat, und zwar zunächst unter Berücksichtigung der bestehenden Einfuhr, und daß außerdem diese junge zielsicher geleitete, größte deutsche Industriegesellschaft Machtkämpfe aus volkswirtschaftlichen Gründen überhaupt zu vermeiden sucht.

Koksofen-Wassergas

Die Versuche, aus Methan Wasserstoff und Kohlenoxyd zu gewinnen, gehen, wie die Patentliteratur zeigt, ziemlich weit zurück. Sie haben aber infolge der Entwicklung der Ammoniak- und Ölsynthesen, bei denen billiger Wasserstoff die Hauptrolle spielt, mit einem Mal eine

[22]) Vergl. Bruckmann, Die Kohleverflüssigung und ihre Bedeutung für die Weltwirtschaft, „Petroleum" Bd. 24 (1918) S. 26.

ganz besondere Bedeutung erlangt; bestehen doch durchschnittlich 28 vH des Kokereigases aus Methan. Fischer und Tropsch[23]) haben daher in jüngster Zeit die Bedingungen der Zersetzung dieses einfachsten Kohlenwasserstoffs geprüft. Wird Methan mit Wasserdampf behandelt, so kann man unter verschiedenen Reaktionen hauptsächlich zwei unterscheiden:

bei hoher Temperatur:

$$CH_4 + H_2O = CO \ \ 3\,H_2O,$$

bei verhältnismäßig niedriger Temperatur:

$$CH_4 \ \ 2\,H_2O = CO_2 \ \ 4\,H_2.$$

Die erste Reaktion, bei der eine Art von Koksofenwassergas entsteht, kann von Bedeutung für die Herstellung von Synthol, die zweite für die Ammoniaksynthese werden. Nach Mitteilung von Dr. Pott und auf dem Bergmannstag 1928 ist es gelungen, Koksofenwassergas herzustellen, das 75 vH H_2 enthält. Da zur Hydrierung nach Bergius ein Gas mit 80 vH ausreicht und außerdem der aus Koksofen-Wassergas hergestellte Wasserstoff noch ganz erheblich billiger sein soll, als der durch Tiefkühlung erzeugte, so wird man mit großem Interesse den kommenden Großversuchen entgegensehen.

Alle diese mehr oder weniger erfolgreich beschrittenen Wege zur Auswertung der Kohle lassen darauf schließen, daß wir uns heute am Anfang einer grundlegenden Änderung unsrer Wärmewirtschaft befinden, die darauf hinzielt, die Kohlen mehr und mehr, statt in festem Zustand, in ihren flüssigen oder gasförmigen Erzeugnissen zu verwenden. Der Umfang einer künftigen besseren Ausnutzung des Wärmeinhaltes der Kohle wird in seiner Entwicklung noch mehr, als es gemeinhin der Fall ist, außer von technischen, auch von wirtschaftlichen Fragen wesentlich bestimmt werden. Erfreulicherweise nimmt Deutschland schon heute, trotz des unglücklichen Krieges und der Inflation, eine führende Stellung auf dem Gebiete der Kohlenveredlung ein, die ihm früher oder später die Möglichkeit geben wird, uns in bezug auf die Erzeugung lebenswichtiger Stoffe vom Ausland unabhängig zu machen. [B 1215]

[23]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 9 (1928) S. 39.

Fachtagung für Schweißtechnik

gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Die Entwicklung in der Schweißtechnik ist seit einigen Jahren derart stürmisch, daß es notwendig erschien, einem größeren Kreise von Fachleuten die neuesten Fortschritte öfter als einmal im Jahr vorzulegen. Im Februar d. J. hatte der Fachausschuß für Schweißtechnik gemeinsam mit dem Österreichischen Fachausschuß eine wissenschaftliche Tagung für Schweißtechnik in Wien veranstaltet, deren Verlauf sehr befriedigte. Auf der Fachtagung in Essen am 8. Juni konnten weitere bedeutungsvolle Fortschritte wissenschaftlicher Erkenntnis der Grundlagen des Schweißens mitgeteilt werden.

Als erster Redner sprach Prof. Dr. Henning, Berlin, über die Temperatur der Azetylen-Sauerstoff-Flamme[1]). Auf Anregung des Fachausschusses für Schweißtechnik hat Henning eingehende Messungen dieser Temperatur nach dem Kurlbaumschen Verfahren der Linienumkehr vorgenommen. Die höchste Temperatur der Azetylen-Sauerstoff-Flamme wurde zu 3100 °C gemessen; sie herrschte bei einem Verhältnis Sauerstoff zu Azetylen wie 1 : 1 unmittelbar über der Spitze des leuchtenden Flammenkegels. Selbst ein bedeutender Überschuß von Sauerstoff brachte keine wesentliche Temperaturabnahme, während schon ein Azetylenüberschuß von 7 vH eine Senkung der Temperatur um 60 ° bewirkte.

In der Besprechung des Vortrages wurde aus der Versammlung der lebhafte Wunsch geäußert, die Versuche fortzusetzen, insbesondere nach der Richtung, den Einfluß des Druckverhältnisses von Azetylen und Sauerstoff im Brenner zu klären.

Über Fortschritte der Gasschweißverfahren berichtete Prof. Keel, Basel. Keel ist als Vorkämpfer der sogenannten Rechtsschweißung[2]) hervorgetreten, die bislang fast gar nicht ausgeübt wurde, von der aber führende Fachleute behaupten, daß sie schon zu Beginn der Gasschmelzung empfohlen und ausgeübt worden ist. Sie ist dann durch irgendwelche Umstände gegenüber der sogenannten Linksschweißung zurückgetreten, bietet aber vielfach wirtschaftliche Vorteile. Keel brachte hierzu neuere Anwendungsbeispiele aus der Schweiz.

Eine der bemerkenswertesten Aufgaben beim elektrischen Lichtbogenschweißen ist die Klärung des Werkstoffüberganges vom Schweißstab auf das Werkstück. Dieser metallurgische Vorgang ist in seinen Einzelheiten noch fast ganz ungeklärt. Um die verschiedenen Bedingungen für die Güte der Schweiße zu beeinflussen, müßte man aber die Vorgänge genau so wie etwa beim Bessemer-Verfahren näher kennen.

Der Fachausschuß hat nun verschiedene Ansätze zur Untersuchung dieser Vorgänge auf optischem, elektrischem und akustischem Wege gefördert; besonders die Untersuchungen mit der Zeitlupe erschienen erfolgversprechend. In der Fachtagung waren diesen Gegenständen zwei Vorträge gewidmet. Zunächst sprach Dr.-Ing. Strelow, Hamburg, über Untersuchung des Materialtransports und der physikalischen Eigenschaften des Schweißlichtbogens. Strelow hat außerordentlich zahlreiche Aufnahmen von Schweißlichtbogen gemacht, und seine Untersuchungen, bei denen auch weitgehend Oszillogramme aufgenommen wurden, zeigen, daß mit Änderung der Lichtbogenlänge auch wesentliche Änderungen bezüglich Form und Menge des Werkstoffüberganges verbunden sind.

In Amerika hatte bereits vor einiger Zeit Green Filmaufnahmen der Vorgänge im Schweißlichtbogen gemacht, bei denen er statt der sichtbaren Lichtstrahlen ultrarote Strahlen benutzte. Dies war möglich infolge der Entwicklung eines Films für ultrarotes Licht, den die Eastman Codak Co. im Kriege für Zwecke der amerikanischen Heeres- und Marineverwaltung ausgearbeitet hatte. Ein solcher Film gibt also gewissermaßen ein Wärmebild der die ultraroten Strahlen aussendenden Gegenstände.

Ing. Bung, Köln[3]), hat diesen amerikanischen Film über verschiedene Schweißlichtbogen und auch über das Niederschmelzen des Schweißstabes in der Azetylen-Sauerstoff-flamme im Auftrage des Fachausschusses überarbeitet. Er trug auf der Fachtagung zunächst in gutverständlicher Weise über die Schweißvorgänge selbst vor. Der Film fand bei den Zuhörern außerordentlichen Beifall. Dieser wurde noch erheblich gesteigert, als in der Aussprache Prof. Dr. Hilpert, Charlottenburg, und Ing. Thun, Berlin, einen im Auftrage des Fachausschusses für Schweißtechnik vor kurzem hergestellten Zeitlupenfilm zeigten, der eine zeitliche Dehnung der Vorgänge im elektrischen Schweißlichtbogen auf das 120fache wiedergibt. In diesem Film erkennt man Einzelheiten beim Abschmelzen des Schweißstabes noch deutlich, die selbst bei dem amerikanischen Film mit seiner vierfachen zeitlichen Dehnung dem Auge verloren gehen. Es muß als eine filmtechnische Glanzleistung angesehen werden, daß diese Aufnahmen, die als Vorversuche für eine größere Forschungsreihe gedacht waren, auf den ersten Hieb so gut gelungen sind, daß sie schon auf der Fachtagung gezeigt werden konnten.

Zum Schluß der Fachtagung berichtete Dipl.-Ing. Herr[4]), Berlin, über die neuesten Fortschritte in der Untersuchung von Schweißungen mit Röntgenstrahlen. Die Prüfung der fertigen Schweißarbeit ohne Zerstörung des Stückes ist für viele Anwendungsfälle der Schweißtechnik eine der dringendsten Aufgaben. Die Verwendung von Röntgenstrahlen zur Erkenntnis von Mängeln und Fehlern der Schweißung eröffnet hier einen gangbaren Weg. Der Vortragende brachte in guter Übersicht sehr reichhaltige Unterlagen, aus den die praktische Verwertbarkeit der emsigen Versuchsarbeit in der schweißtechnischen Versuchsanstalt der deutschen Reichsbahn, Wittenberge, deutlich hervorging.

Daß die mehr als 400 Teilnehmer der Fachtagung bis zum Schluß den Ausführungen gespannt folgten, kann als ein Zeichen dafür angesehen werden, welche Bedeutung die Ingenieurwelt der neuzeitlichen Schweißtechnik beimißt. Aus Zuhörerkreisen wurde wiederholt die Bemerkung gemacht, daß diese Essener Fachtagung einen Merkstein in der Entwicklung der neuzeitlichen Schweißtechnik darstellt.

[N 1754] Dr. Adrian

[1]) Der Vortrag erscheint demnächst im vollen Wortlaut in dieser Zeitschrift.
[2]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) Nr. 3 S. 110.

[3]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 750.
[4]) Der Vortrag erscheint demnächst im vollen Wortlaut in dieser Zeitschrift.

Statische und dynamische Untersuchung von Mündungs-Dampfmengenmessern[1])

Von Dr.-Ing. S. Kreuzer, Duisburg

Für die Messung schnell wechselnder oder gar schwingender Ströme eignen sich die gebräuchlichen Dampfmesser nicht. Durch Versuche mit dem Membranmesser wird zum erstenmal die Möglichkeit, schwingende Ströme zu messen, nachgewiesen.

Die bisherigen Forschungen über die Gesetze der hydrostatischen Mengenmessung befassen sich ausschließlich mit den Verhältnissen im Drosselorgan und in dessen unmittelbarer Nähe bei gleichförmiger Strömung. Bei Stößen oder Schwingungen in der Leitung treten in der Messung ganz unberechenbare Fehler auf, gleichgültig welches Druckmeßgerät man verwendet. Aus der Notwendigkeit, schwingende oder sich rasch und häufig ändernde Ströme zu messen, sind die folgenden Untersuchungen entstanden.

Bei der hydrostatischen Mengenmessung wird aus dem Druckgefälle $\Delta p = p_1 - p_2$ die Geschwindigkeit an der Mündung

$$w = \alpha \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}}$$

und daraus das Ausflußgewicht $G = f w \gamma$ ermittelt. α ist durch umfangreiche amerikanische[2]) und neuerdings auch deutsche[3]) Versuche für Stauränder einwandfrei festgelegt.

Versuchseinrichtung

In der einzölligen Versuchstrecke, Abb. 1, sitzen zwei genau gleiche Düsen *a* und *b*, deren Charakteristik durch Ausflußversuche festgestellt wurde. Das Wasser strömt hierbei aus einem Überlaufgefäß *c*, Druckluft oder Dampf aus dem Werknetz *e* zu. Die Wassermengen oder der in einem Kondensator *d* niedergeschlagene Dampf wurden gewogen. Zum Überwachen der Druckunterschiede wurden am Staurand *b* zweischenklige und geneigte einschenklige Quecksilbermanometer besonderer Bauart verwendet. Beim Arbeiten mit Dampf wurde der Wasserabscheider *h* in die Versuchsleitung eingeschaltet. Zur Erzeugung schwingender Ströme diente der mittels Elektromotors *f* in Umlauf gesetzte Kegelhahn *g*.

[1]) Auszug aus einer größeren Untersuchung, die auf Anregung von Dr.-Ing. Hugo Bansen, Rheinhausen, in den Jahren 1923 bis 1926 entstanden ist.
[2]) Spitzglaß, Z. Bd. 71 (1927) S. 703.
[3]) Jakob und Kretschmer, Forschungsheft erscheint später.

Abb. 2
Debro-Messer.

a Drehkörper *b* Scheidewand in *a* *c* Tauchkörper *d* Quecksilbertrog *f* Kulisse

Abb. 1
Versuchstrecke für die Untersuchung von Dampfmengenmessern.

a, *b* Düsen *c* Überlaufgefäß *d* Kondensator *e* Druckluft oder Dampf aus dem Werknetz *f* Motor *g* umlaufender Hahn *h* Wasserabscheider

Der zunächst untersuchte Debro-Messer, Abb. 2, beruht auf dem Gedanken der Ringwaage. Der Meßbereich liegt zwischen 0 und 2000 mm W.-S. Der hohle in einer Schneide gelagerte Drehkörper *a* ist durch eine Scheidewand *b* geteilt und teilweise mit Quecksilber gefüllt. Die vor und hinter der Düse herrschenden Drücke werden durch dünne federnde Rohrschlangen in die durch den Quecksilberkolben getrennten Hohlräume übertragen. Über dem Quecksilber stehen Wassersäulen, deren gleiche Höhe vor und hinter dem Staurand durch zwei Ausgleichgefäße, in denen dauernd Dampf kondensiert, gewährleistet wird. In den Hohlräumen rufen die Druckunterschiede Δp proportionale, von der Bewegung des Drehkörpers *a* unabhängige Spiegelunterschiede des Quecksilbers hervor, die auf die Anzeige des Gerätes keinen Einfluß ausüben. Die Drücke p_1 und p_2 wirken aber auch auf die Scheidewand *b*, wo sie sich in innere Richtkräfte P_i umsetzen und eine Drehung von *a*, entgegengesetzt dem Uhrzeiger, hervorrufen. Infolgedessen wird der mit dem Drehkörper verbundene Tauchkörper *c* in den Quecksilbertrog *d* gedrückt, so daß der Auftrieb P_a ensteht, die äußere Richtkraft. Der Unterschied $P_i - P_a$ ergibt die Verstellkraft *R*, die im Augenblick des Einspielens null wird. Die Bewegungen des Drehkörpers werden von einem zweiarmigen Hebel aufgezeichnet.

Bei der statischen Untersuchung ergab das Gerät auf dem Halbmesser $r = 0{,}235$ m die in Abb. 3 dargestellten inneren und äußeren Richtkräfte. Die Parallelen zur Abszissenachse zeigen, daß die innere Richtkraft nicht vom Ausschlag des Drehkörpers abhängt, sondern nur vom Druckunterschied Δp, der auf die Scheidewand *b* von der Fläche *f* mit der Kraft $P_i = \Delta p f$ [kg] wirkt und das Drehmoment

$$M_i = P_i r \text{ [kgm]}$$

hervorruft. Die äußere Richtkraft P_a, die die Linienschar der inneren Richtkräfte schneidet, verläuft nach einer Parabel, da die Bewegung des Drehkörpers wegen der Planimetrierbarkeit des Diagramms der Wurzel aus dem Druckunterschied verhältnisgleich sein soll. Die Gleichgewichtsbedingung lautet $R = P_a - P_i = 0$. Jedem Schnittpunkt der P_a-Linie mit einer P_i-Linie ist nur eine einzige Zeigerstellung zugeordnet. Die Größe von *R* hängt von

Abb. 3
Kräfteplan für das Differentialmanometer des Debro-Dampfmessers Nr. 8642.

der Abweichung des Zeigers von der augenblicklichen Gleichgewichtslage und vom Verlauf der P_a- und der P_i-Linien ab.

Die Verstellkraft, bezogen auf die Einheit der Skalenteilung, sei die Einspielkraft E. Ihre Gleichung erhält man, wenn man bedenkt, daß bei einer kleinen Bewegung Δ_l des Drehkörpers die Verstellkraft $\Delta P_a - \Delta P_i$ ist; auf die Einheit der Skalenteilung ist also

$$E = \frac{\Delta P_a}{\Delta l} - \frac{\Delta P_i}{\Delta l};$$

man kann auch die Differentiale verwenden, wenn der Verlauf von P_a und P_i analytisch gegeben ist. Da im vorliegenden Falle $\frac{\mathrm{d} P_i}{\mathrm{d} l} = 0$, so ist $E = \frac{\mathrm{d} P_a}{\mathrm{d} l}$.

Die Verstellkraft wird zur Beschleunigung des Zeigerwerkes verbraucht, und von der Größe der Einspielkraft hängt die Genauigkeit der Anzeige ab. Die Reibung leistet der Bewegung des Zeigerwerks Widerstand,

Abb. 4
Meßfehler in vH, bezogen auf die Durchflußmenge beim Debro-, beim Gehre- und beim Membranmesser.
a Debro-Dampfmesser Nr. 8642 *b* Debro-Dampfmesser Nr. 12578
c Gehre-Dampfmesser Nr. 40 *d* Membranmesser

und wenn sie so groß geworden ist, daß sie von der Einspielkraft nicht mehr überwunden werden kann, bleibt der Zeiger vor der endgültigen Lage stehen. Die infolgedessen entstehenden Fehler sind, auf den Sollwert bezogen, in Abb. 4 für alle untersuchten Geräte aufgetragen.

Die Anzeige des Gerätes bleibt nur dann gültig, wenn der Dampfdruck gleichbleibt. Das spezifische Gewicht des Sattdampfes ändert sich mit dem Druck nach

$$\gamma_s = 0{,}5802\, p^{15/16}.$$

Gemäß der Ausflußformel muß man die Vorrichtung zum Ausgleich der Druckänderungen so gestalten, daß sich die Ausschläge mit der Wurzel aus dem Druck ändern; es muß also sein

$$\frac{\frac{h_x}{h_0}}{\sqrt{p_{x_{\mathrm{abs}}}}} = \frac{1}{\sqrt{p_{0_{\mathrm{abs}}}}} = \mathrm{konst.}$$

Infolge unrichtiger Gestaltung der Kulisse ist diese Bedingung nur unvollkommen erfüllt. Die Kulisse f wird durch Kolben und Rückführfedern bewegt, wodurch sich infolge der Reibung noch weitere Fehler von 2 bis 6 vH,

Abb. 5
Gehre-Dampfmesser.
a Quecksilberkasten
b Rohr
c Meßkörper
d Rohr
e Feder
f Kulissengetriebe

bezogen auf den Sollwert, ergeben. In neuerer Zeit werden Kulissen mit besserem Ausgleich und Bourdonfedern statt Kolben benutzt, so daß sich die Gesamtfehler auf 0 bis 4 vH vermindern.

Dieselbe Untersuchung wurde beim Gehre-Messer nach Abb. 5 angestellt, der ebenfalls ein selbstschreibendes Differentialmanometer für Drücke von 0 bis 1000 m W.-S. darstellt. Der Überdruck vor der Stauscheibe drückt die Flüssigkeit aus dem Quecksilberkasten *a* durch die hohle Drehachse und das Rohr *b* in den beweglichen Meßkörper *c*, der durch das Rohr *d* mit dem Raum hinter dem Drosselorgan in Verbindung steht. Infolge der Gewichtänderung senkt sich *c* so lange, bis die Gegenkräfte der Federn *e* das Gleichgewicht halten. Der Meßkörper *c* ist so geformt, daß die Ausschläge Wurzelwerte aus dem Druckunterschied anzeigen.

Die am Differentialmanometer wirkenden Kräfte, ebenso wie die infolge Reibung entstehenden Fehler nach Abb. 4, stimmen mit denen beim Debro-Messer etwa überein. Der Ausgleich am Kulissengetriebe *f*, zur Berücksichtigung wechselnden Dampfdrucks, ist gut. Dagegen sind infolge Verwendung eines Kolbens zum Antrieb der Kulisse Reibungsfehler zwischen 2 und 14 vH des Sollwertes festgestellt worden.

Abb. 6
Schwingungsdiagramm des Debro-Dampfmessers Nr. 8642, wiedergegeben in ⅔ der Vorlage.
Papiergeschwindigkeit 2,66 mm/s; in der Vorlage 1 mm = 0,374 s; T = 1,22 s/Schw.

Die statische Untersuchung erstreckte sich bisher auf die am Differentialmanometer wirkenden Kräfte bei bestimmten Gleichgewichtzuständen, ferner auf die Ursache und Größe der Abweichung der Anzeige vom Sollwert bei gleichbleibendem Druckunterschied.

Die zu messende Größe ist jedoch selten konstant. Sie ändert sich mit der Zeit. Für die Verwendbarkeit bei schnell wechselnden oder schwingenden Strömen sind die dynamischen Eigenschaften der Meßgeräte maßgebend.

Erfährt das Schreibzeug des Debro-Messers einen plötzlichen Antrieb, so führt es, wenn es sich selbst überlassen wird, eine gedämpfte, allmählich abklingende Schwingung nach Abb. 6 aus, deren Bewegungsgleichung lautet:

$$\Theta \frac{d^2 \varphi}{d t^2} = - c \varphi - k \frac{d \varphi}{d t} \pm W\ ^{4)}.$$

Hierin bezeichnet Θ das Trägheitsmoment, φ den Zentriwinkel, c das rückführende Moment für die Winkeleinheit, k die Dämpfungszahl und W die Reibung. Aus dieser Gleichung lassen sich die für die Bewegung wichtigsten Beziehungen berechnen, insbesondere die Schwingungszeit $T = 1{,}22$ s.

Schwingende Strömung, d. h. eine wiederkehrende Zu- und Abnahme der zu messenden Mengen, äußert sich als wellenförmiger Verlauf des Druckunterschiedes im Gerät. Im Gegensatz zu den eben betrachteten „freien" oder „Eigenschwingungen" führt der Drehkörper „erzwungene Schwingungen" aus unter der Einwirkung dieser dritten, der Größe und Richtung nach wechselnden Kraft. Als einfachster Fall sei angenommen, daß die äußere Kraft durch eine Sinusfunktion der Zeit dargestellt sei, wie z. B. bei Kolbenpumpen. Auch für andre verwickeltere Strömungsvorgänge ergeben sich daraus Aufschlüsse. Die Gleichung der erzwungenen Schwingungen lautet dann:

$$\Theta \frac{d^2 \varphi}{d t^2} + k \frac{d \varphi}{d t} + c \varphi = P \sin \eta t.$$

P ist der größte Absolutbetrag der Kraft und η eine Konstante, von der nach $T = \frac{2\pi}{\eta}$ die Schwingungsdauer der Erregerschwingung abhängt. Die Reibung W kann vernachlässigt werden, da sie den Charakter der Schwingung nicht beeinflußt, sondern nur die Amplituden um einen kleinen gleichbleibenden Betrag verkürzt. Die vollständige Lösung dieser Differentialgleichung lautet:

$$\varphi = e^{-\frac{k}{2\Theta} t} (A_1 \sin \gamma t + B_1 \cos \gamma t) + C \sin (\eta t - \psi).$$

Das erste Glied besteht aus Eigenschwingungen, die, da sie den Faktor $e^{-\frac{k}{2\Theta} t}$ haben, allmählich erlöschen. Sieht man von diesen verwickelteren Bewegungsvorgängen des Anfangszustandes ab, so bleibt nur noch das partikuläre Integral $\varphi = C \sin (\eta t - \psi)$ übrig, das die erzwungene Schwingung darstellt. Deren Schwingungsdauer hängt also nur von η, d. i. von der Schwingungsdauer der Erregerschwingungen ab. Zwischen beiden Schwingungen besteht gemäß $(\eta t - \psi)$ ein Phasenunterschied, der durch den Winkel ψ gekennzeichnet ist.

Aus der Bewegungsgleichung ergeben sich zwei Bedingungsgleichungen für ψ und C. Von besonderem Interesse ist hier, wie sich die Anzeigevorrichtung bei verschiedenen Schwingungszahlen verhält. Darüber gibt die Gleichung der Amplitude der erzwungenen Schwingungen $C = \frac{P \cos \psi}{c - \Theta \eta^2}$ Aufschluß. Sie zeigt, daß C zunächst proportional mit der erregenden Kraft P, d. h. dem Druckunterschied, wächst. Außerdem hängt C vom Nenner ab, in dem η, also die Schwingungsdauer der erregenden Kraft, eine hervorragende Rolle spielt. Die Werte für verschiedene Schwingungszahlen der erregenden Ursache sind in Abb. 7 aufgetragen. Bei Fremdschwingungszahlen n_f, die erheblich niedriger sind als die Eigenschwingungszahl n_e, weicht der Ausschlag nicht viel vom wirklichen ab. Bei $n_f = \frac{1}{4} n_e$ beträgt der Fehler erst 6,25 vH, wird bei $n_f = \frac{1}{2} n_e$ schon 24,75 vH, um bei Resonanz, d. h. $n_f = n_e$, einen Höchstwert anzunehmen. Für $n_f > n_e$ nehmen die Ausschläge sehr rasch ab, und man erreicht bald die Grenze, wo das Gerät keine wechselnden Spannungen mehr anzeigt.

Die Geräte wurden nun auf ihr dynamisches Verhalten im Betrieb untersucht, indem sie an eine Dampfleitung mit sehr schnell und stark wechselnden Durchgangsmengen angeschlossen wurden. Die Diagramme,

[4] A. Föppl, Technische Mechanik, Bd. 4: Dynamik, Leipzig 1909; W. Hort, Technische Schwingungslehre, Berlin 1922.

Abb. 7
Schwingungsausschläge der Schreibfeder bei verschiedener Frequenz der Fremdschwingungen (Debro-Dampfmesser Nr. 8642).

Abb. 8
Betriebsdiagramm eines Debro-Dampfmessers bei stark wechselnden Dampfgeschwindigkeiten.

Abb. 9
Betriebsdiagramm eines Gehre-Dampfmessers bei stark wechselnden Dampfgeschwindigkeiten.

Abb. 8 und 9, die sich dabei ergaben, entsprechen aber noch nicht den dynamischen Eigenschaften der Geräte selbst. Infolge der Drosselung erreicht das Gerät nur allmählich seinen endgültigen Wert.

Man könnte geneigt sein, dem empfindlicheren Gerät den Vorzug zu geben, aber die Diagramme zeigen, daß das ungedrosselte Gerät ein ganz verschwommenes Diagramm ergibt, das sich nicht mehr planimetrieren läßt, während das andre infolge seiner Trägheit gar nicht den richtigen Spannungsverlauf und deshalb auch nicht den richtigen Endwert angibt. Für solche sich rasch ändernde Ströme sind also die Angaben der Geräte über die Mengen nicht sehr genau. Im übrigen hängt es von dem Zweck der Messung ab, ob man gedämpft oder ungedämpft arbeitet. Will man die Schwankungen einer Größe bestimmen, so muß das Gerät rasch allen Änderungen folgen, die Papiergeschwindigkeit muß dann auch groß genug sein, um den zeitlichen Ablauf der Veränderung erkennen zu lassen. Will man dagegen nur annähernd den Mittelwert dieser Größe zwischen zwei Zeiten bestimmen, so wäre es unnütz, die Empfindlichkeit des Gerätes zu steigern. Die Bewegung soll dabei immer durch molekulare Dämpfung, nicht durch Reibung verlangsamt werden.

Bei Meßversuchen mit schwingenden Strömen waren die Fehler immer positiv, sie nahmen mit zunehmender Schwingungszahl zu und erreichten bei 276 Schwingungen 62,7 vH. Bei noch höheren Schwingungszahlen erhob sich der Zeiger nicht mehr von der Nullinie.

Die Quecksilbersäule führte sehr starke Schwankungen aus, deren Mittelwert sich mit der Anzeige des Gerätes zumeist nicht deckte. Drosseln der Hähne in den Druckleitungen erwies sich als ungeeignet, da jede Stellung der Hähne, selbst wenn sie nach Augenmaß gleich zu stehen schienen, einen andern Ausschlag ergab. Um den Druckwellen ungehinderten Zutritt zu verschaffen, wurde die Drosselung durch Verwendung von Schläuchen mit 13 mm l. W. an Stelle der Rohrschlangen beseitigt und mit Luft gearbeitet, sodaß die Massenwirkung der Wassersäulen in den Druckleitungen ausgeschaltet war. Die Ausschläge des Schreibzeugs nahmen dabei deutlich mit zunehmender Entfernung der Fremdschwingungszahlen ab und die erzwungenen Schwingungen erloschen gänzlich bei hohen Fremdschwingungszahlen.

Die Unterbrechungen des Stromes wurden entweder gar nicht angezeigt, oder die angezeigten Schwingungen bei niedriger Frequenz entsprechen nicht dem wirklichen Verlauf des Druckunterschiedes, sondern den Eigenschaften des Gerätes. In allen Fällen — sowohl bei gedrosseltem wie bei ungedrosseltem Gerät — ergab die aufgezeichnete Gerade oder das Mittel aus den Schwingungen den gleichen Wert, wie wenn die Strömung gleichförmig unter dem Einfluß des höchsten Druckunterschiedes stattgefunden hätte. Die Unterbrechungen wurden nicht berücksichtigt.

Daraus erklären sich die großen positiven Fehler bei der Messung schwingender Ströme. Die Messung der Luftmenge war nicht möglich, da trotz des Beruhigungskessels am Quecksilbermanometer kein eindeutiger Druckunterschied abzulesen war. Mit derselben Anordnung wurden auch Wassermessungen durchgeführt. Hier war schon bei den kleinsten Schwingungszahlen die Massenwirkung der Wassersäule so groß, daß trotz der weiten Druckleitungen keine nennenswerten Schwingungen entstanden und der Zeiger auf einem etwa gleichbleibenden Wert stehenblieb. Auch die Flüssigkeitssäule im U-Rohr ist diesen Bewegungsgesetzen unterworfen, so daß sie keine richtige Messung schwingender Ströme ermöglicht.

Die Untersuchung lehrt, daß die Unmöglichkeit, wechselnde Ströme zu messen, hauptsächlich in den Meßvorrichtungen liegt. Ihre Bauart macht sie von vornherein für diesen Zweck unbrauchbar, dadurch, daß Anzeige- und Schreibvorrichtungen zu schwer sind und dem Spannungsverlauf nicht folgen können. Ferner kommt hinzu, daß bei Dampf- und Flüssigkeitsmessungen die Übertragung rasch wechselnder Druckunterschiede durch Wassersäulen überhaupt ausgeschlossen ist.

Abb. 10
Membran-Dampfmesser.

a, b Eingänge für Dampf *c* Membrandose *d* Steuerventil *e* Membrandose *f* Staurand *g* Gewinde zum Einstellen des Ventiles *d* *h* Mutter zum Spannen der Membranen gegeneinander *i* Öffnung für ein Wasser- oder Quecksilberstandglas *k* Abfluß des Kondensates

Neuer Dampfmesser

An einen für schwingende Ströme brauchbaren Mengenmesser sind daher folgende Forderungen zu stellen:

1. hohe Eigenschwingungszahl der Meßvorrichtung, d. h., geringe bewegte Masse, große Verstellkraft, kleine Wege;
2. möglichst masselose Druckübertragung;
3. unmittelbare Summierung der gemessenen Menge;
4. geringe Dämpfung und Reibung.

Unter Berücksichtigung dieser Forderungen wurde ein neuer Dampfmesser entworfen und erprobt, Abb. 10 Er stellt eine Art Druckwaage dar, die nach einer selbsttätigen Nullmethode arbeitet. Bei a und b werden die Drücke eingeleitet. Durch einen auf die Membrandose c wirkenden Druckunterschied Δp wird das Steuerventil d geöffnet, und es strömt so lange Flüssigkeit oder Dampf in die Membrandose e, bis dort ebenfalls der Überdruck Δp gegenüber dem Außendruck erreicht ist. Unter diesem Druck fließt nun der zu messende Stoff durch den Staurand f aus.

Im Gleichgewichtzustand ist das Ventil d so weit offen, daß durch die nachfließende Stoffmenge der Druck Δp in der Membran e erhalten bleibt. Bei Gleichgewichtstörungen durch Änderung des Druckunterschiedes spielt das Ventil d, bis die Drücke in den beiden Membrandosen wieder gleich sind. Die bei f austretende Menge muß nun der durch das Drosselorgan im Rohr fließenden Menge proportional sein, da an beiden Stellen das Druckgefälle gleich ist. Man hat nur noch den etwaigen Unterschied der spezifischen Gewichte des im Rohr und des durch den Staurand f fließenden Stoffes zu berücksichtigen. Mittels des Gewindes g kann man das Ventil d leicht so einstellen, daß es bei $\Delta p = 0$ gerade schließt. Die Mutter h gibt den Membranen eine gewisse Spannung gegeneinander.

Das Gerät mißt also die in beliebigen Zeiten durch eine Leitung fließende Menge unmittelbar. Zur Eichung und um auch Augenblickwerte abzulesen, kann man an die Öffnung i ein Standglas für Wasser oder für Quecksilber anschließen.

Bei der Messung von Stoffen unter höherem Druck hat man das Ventil zu entlasten. Die Eichung dieses Meßgerätes mit Wasser ergab die Werte in Zahlentafel 1. In dem geteilten Rohr der Eicheinrichtung wurde ein bestimmter Druck eingestellt, mit dem der Ausschlag im Standrohr i übereinstimmen mußte. Die Abweichungen betragen in den unteren Meßbereichen bis zu 5,5 vH.

Zahlentafel 1
Eichung des neuen Membran-Dampfmessers.

Belastung . . . . . vH	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Druckunterschied Δp mm W.-S.	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$\sqrt{\Delta p}$	0	7,07	10	14,14	17,32	20	22,36	24,5	26,45	28,28	30	31,62
Anzeige d. Gerätes f. $\Delta p'$ aufwärts / abwärts . mm W.-S.	0	48	98	200	300	402	508	610	713	815	920	1015
$\sqrt{\Delta p'}$	0	6,94	9,89	14,14	17,32	20,05	22,54	24,7	26,7	28,55	30,33	31,86
$\sqrt{\Delta p} - \sqrt{\Delta p'}$	0	—0,13	—0,11	0	0	+0,05	+0,18	+0,2	+0,25	+0,27	+0,33	+0,24
Fehler . . . . vH	0	—2	—1,1	0	0	+0,25	+0,8	+0,82	+0,94	+0,95	+1,1	+0,74

Bei Dampfmessungen kann man das Gerät, wie den Debro- und den Gehre-Messer, mit Wasser betreiben. Man hat nur dafür zu sorgen, daß das Wassergefäß auf der Plusseite groß genug ist, damit immer genügend Dampf kondensiert und der Wasserspiegel infolge des Ausflusses aus Staurand f nicht sinkt. Für rasch wechselnde Ströme muß aber die Massenwirkung der Wassersäulen in den Druckleitungen ausgeschaltet werden. Man setzt das Gerät deshalb mit möglichst kurzen und weiten Rohren unmittelbar auf die Dampfleitung. Nun entwässert sich der Hochdruckteil ganz selbsttätig, so daß er überall von Dampf erfüllt ist. Aber auch im Niederdruckteil darf sich kein Wasser absetzen, das die Bewegung hemmen könnte. Namentlich würden die Meßergebnisse ganz falsch sein, wenn keine Gewähr bestände, daß nur Dampf aus dem Staurand f austritt. Deshalb muß das Kondensat bei k abgeführt werden. Der Hahn ist soweit zu öffnen, daß zwischen den einzelnen Wassertropfen kleine Dampfschwaden entweichen, zum Zeichen dafür, daß das Wasser vor der Austrittsöffnung nicht zu hoch steht. Niederschlag im Niederdruckteil wird dadurch beinahe ganz vermieden, daß er vom Hochdruckteil her geheizt wird. Bei hochgespannten Strömen scheidet sich kein Wasser ab, da der Dampf überhitzt in den Niederdruckteil eintritt.

Die Gleichgewichtbedingungen des Geräts sind:

$$(p_1 - p_2)\, F_1 = (p_3 - p_4)\, F_2$$

und da im vorliegenden Fall

$$F_1 = F_2,$$

so bleibt

$$p_1 - p_2 = p_3 - p_4.$$

p_4 ist der äußere Luftdruck. Seine Veränderlichkeit spielt keine Rolle, da er auf die Membran und auch auf den bei f ausfließenden Strahl wirkt.

Die inneren Richtkräfte entstehen durch den Druckunterschied an der Membran c. Die äußere Richtkraft ruft der Druckunterschied an der Membran e hervor. Wegen der quadratischen Beziehung zwischen Ausflußmenge und Druckhöhe ändert sich diese Kraft parabolisch mit der Wurzel aus dem Druckunterschied. Die Einspielkraft beträgt z. B. bei 1000 mm W.-S. 1,51 kg.

Nach dem Schwingungsdiagramm beträgt die Schwingungszeit des Gerätes $T = 0{,}0246$ s oder die Frequenz 40,6 Schwingungen in 1 s. Das schwingende Gewicht beträgt dabei wegen des Schreibzeugs für das Aufzeichnen der Schwingungen 42 g, beim betriebsfertigen Gerät dagegen nur 11 g.

Das Hochofen- und Stahlwerk der Frodingham Iron and Steel Co.

Das Hochofenwerk der Appleby Iron Co., das auf dem Erzvorkommen in Frodingham aufgebaut ist, wurde im Jahre 1912 von der Frodingham Iron and Steel Co. mit allen Anlagen übernommen und durch zwei neue Hochöfen vergrößert, ferner wurden das Stahlwerk und die Walzwerke ausgebaut und Anfang 1927 in Betrieb genommen, so daß die Werke wohl die neuesten in England sind[1]).

Die neuen Hochöfen mußten verschiedentlich umgebaut werden, da sie den Erwartungen nicht entsprachen; besonders die Flugstaubbildung war mit 7 bis 8 vH der Erzbeschickung zu hoch. Die Hochöfen sind rd. 25 m hoch, haben Schrägaufzüge mit Kübelförderung und sind mit zehn Winddüsen von je 150 mm im Herd und fünf Winddüsen von je 100 mm in der Rast ausgestattet. Sie haben vier Reihen Kupferkühler; die Rast hat einen Stahlmantel, der von außen durch Wasser gekühlt wird, der Schacht zehn Reihen gußeiserne Schachtkühler. Die Leistung eines Ofens beträgt 250 t an einem Tag, die Erzgicht 3810 kg und der Koksverbrauch 1370 kg bezogen auf 1 t erzeugtes Eisen. Die beiden Öfen haben sechs Winderhitzer von je 6,1 m Dmr. und 30,5 m Höhe. Die alte Anlage hat stehende Dampfgebläse, die neue Dampfturbinen- und Gasgebläse. Das Gas für die Gasmaschine wird in einer Halberg-Beth-Reinigeranlage gereinigt.

Das Erz enthält nur 22,8 vH Fe und außer Kieselsäure ungefähr folgende Bestandteile: 7,2 vH H_2O; 5,2 vH Unlösliches; 19,4 vH CaO; 0,27 vH S; 0,86 vH P_2O_5; 1,29 vH MnO; 4,65 vH Al_2O_3 und 1,64 vH MgO.

In dem Stahlwerk hat man jetzt vier kippbare Talbotöfen, von denen drei einen Fassungsraum von je 250 t und einer einen solchen von 300 t haben, aufgestellt. Jeder der Öfen steht an der Seite eines 600 t-Mischers. Das flüssige Eisen wird in 35 t-Pfannen vom Hochofen gebracht, jedoch hat man einen 70 t-Wagen nach Mischerart bestellt.

Die Mischer beheizt man mit Hochofengas und die Stahlschmelzöfen mit Generatorgas, das acht Kerpelygaserzeuger liefern, die man mit Chapman-Rührwerken ausgestattet hat und von denen jeder 1524 kg/h Kohle vergast.

[1]) Iron and Coal Trades Review Bd. 116 (1928) S. 287 und „Engineering“ Bd. 125 (1928) S. 551 u. f.

Am Wochenende hält man die Stahlschmelzöfen mit Hochofengas warm. Der Kohlenverbrauch beträgt 179,3 kg, bezogen auf 1 t gegossener Blöcke. Hinter jedem Ofen ist ein Babcock-Wilcox-Abhitzekessel aufgestellt; die Kessel liefern den gesamten Dampf für das Werk.

Die Gießhalle befahren zwei Krane von 100 t und 125 t Tragfähigkeit. Die Gießpfannen haben 75 und 85 t Inhalt. Die Blöcke von 5, 10, 15 und 20 t Inhalt gießt man auf Wagen.

Auf dem Brammenblockwalzwerk, das ein 60 t-Laufkran bedient, walzt man Rohbrammen von 5 bis 20 t und den Abmessungen 483/762/1676 mm bis zu 864/1676/1981 mm auf einen Querschnitt von 914 × 76 mm² bis 1372 × 457 mm². 7½ t-Rohbrammen in den Abmessungen von 609/952/1981 mm kann man in 4 min auf einen Querschnitt von 914 × 102 mm² herunterwalzen. Walzwerk und Antriebmaschine mußte man daher ungewöhnlich schwer ausführen. Der Walzendurchmesser beträgt 1067 mm bei 2895 mm Ballenlänge. Der Elektromotor hat ein Drehmoment von 231 000 mkg bei 48 Uml./min und eine Leistung von 11 500 PS bei 48 bis 100 Uml./min.

Die Hauptbetriebskupplung hat man aus Stahlguß mit bearbeiteten Greifflächen ohne Spiel hergestellt, sie kann mittels Druckwassers gelöst werden. Die schwereren sich drehenden Teile sind unterstützt.

Das Kammwalzengerüst ist als geschlossener Kasten ausgebildet, die Kammwalzen mit gefrästen doppelschraubenförmigen 14,22 mm breiten Zähnen haben 1372 mm Dmr. und laufen beständig in Öl. Die Walzenständer bestehen aus Stahlguß, sind sehr stark gehalten und ganz geschlossen. Sie sind oben und unten durch schwere Stahlguß-Verbindungsstücke miteinander verbunden. Die Innenseiten sind bearbeitet und mit schweren Gußstahlplatten ausgelegt, die den von den oberen Einbaustücken verursachten Verschleiß aufnehmen. Die Walzen werden nach den Seiten zu ausgebaut, ebenso die Einbaustücke.

Die Brammen kann man mittels einer elektrisch angetriebenen Verschiebe- und Kantvorrichtung drehen, verschieben und kanten. Die Hauptrollgänge sind rd. 12,5 m lang und haben Rollen von 508 mm Dmr. bei 3,5 m Länge. Sie werden von 380 PS-Motoren angetrieben.

[N 1418] Ste.

Die Verwertung der Kokosnüsse

Von E. Schmülling, den Haag

In der vorliegenden Arbeit werden zunächst die Fragen behandelt, die die Kokosindustrie bewegen und deren Lösung man bis jetzt für unmöglich hielt. Die Untersuchung der Fragen von einem andern Gesichtspunkt aus führte dazu, die Verwendung der Kokosfaser in der Feinspinnerei zu ermöglichen. Die Versuche, die die Lösung des Problems brachten, die Ergebnisse und die Aussichten für Gewinnung von Nebenerzeugnissen und die Bedeutung der mechanischen Verspinnung der Kokosfaser werden erläutert.

Die Kokospalme ist wohl die am meisten verbreitete Kulturpflanze in den Tropen. Sie gedeiht zwischen den Wendekreisen; am besten in der Tiefebene und in der Nähe des Meeres. Auf den Bergen in der Nähe des Äquators sieht man sie schon nicht, wenn man höher als 1000 m hinaufkommt. Jedenfalls trägt sie dann kaum noch einige Früchte. Jährlich werden ungefähr 20 Milliarden Kokosnüsse geerntet. Eine gutgepflegte Palme trägt jährlich im Durchschnitt 50 Nüsse; doch wenn man das Erträgnis aller Bäume, frucht- und nicht fruchttragender zusammen, mit 20 jährlich veranschlagt, so wird man etwa das Richtige treffen.

Für den Eingeborenen bedeuten diese Nüsse etwa dasselbe wie für uns der Weizen und die Kartoffel, und die Statistik in Java mit seinen 35 Millionen Einwohnern weist einen Jahresverbrauch von 50 Kokosnüssen auf den Kopf der Bevölkerung aus. Die Eingeborenen bereiten u. a. Speiseöl und Kuchen aus dem Fruchtfleisch und ziehen außer zur Ernährung auch noch andern vielfachen Nutzen daraus.

Die Kokosnuß besteht aus einer sehr harten Haut oder Hautrinde (Epicarp), dann folgen das Faserpolster (Mesocarp), die harte Schale (Endocarp), das Fruchtfleisch und endlich die sogenannte Milch. Der Saft, der überdies aus dem Blütenstengel quillt, ist jedoch etwas ganz andres als die Milch und enthält einen gewissen Anteil Saccharose. Die Eingeborenen bereiten daraus den sogenannten Palmwein, Zucker und Essig. Milch von reifen Nüssen hat fast keinen wirklichen Wert; sie schmeckt auch nicht so gut wie die der jüngeren.

Das Fruchtfleisch. Wenn die Eingeborenen mehr Kokosnüsse pflanzen, als sie selbst verbrauchen, wird das Fruchtfleisch getrocknet, und man erhält die sogenannte Kopra. Man kann ruhig annehmen, daß 1927 mehr als 1,5 Mill. t Kopra im Werte von rd. 900 Mill. *RM* in der ganzen Welt erzeugt worden sind. Für 1 t Kopra sind mindestens 5000 Nüsse nötig. Kopra dient zur Bereitung von Ölen, und aus guter Kopra kann man 65 vH zu meist höchstwertigem Speiseöl verarbeiten. Aber gute Kopra zu gewinnen, bietet besondere Schwierigkeiten. Rund 96 vH der Nüsse werden von Eingeborenen verarbeitet und nur 4 vH auf Pflanzungen, die unter guter Aufsicht stehen. Hier wird das Fruchtfleisch einigermaßen richtig getrocknet und daraus gute Kopra gewonnen. Man nennt sie die F. M. S. (Fair Merchantable Sundried) d. h. gut verhandelbares, sonnengetrocknetes Erzeugnis.

Die Eingeborenen trocknen auch in der Sonne und können ebenfalls die F. M. S. machen, aber die meisten Leute sind arm und brauchen Geld. Trocknen über Feuer geht auch, und je mehr Wasser die Kopra enthält, desto schwerer wiegt sie. So entsteht die „Mixed", häufig mit 15 vH Wasser. Gut getrocknete Kopra mit weniger als 5 vH Wasser hält sich sehr lange Zeit, aber Kopra mit höherem Wassergehalt fängt sehr schnell an zu schimmeln. Die Fette wandeln sich zu Fettsäuren, und den üblen Geruch von dieser Kopra kann man besonders in Hafenorten leicht feststellen. Es ist den Ölfabrikanten gelungen, auch aus dieser minderwertigen Kopra Margarine zu bereiten, doch jedes Hundertstel Fettsäure bedeutet einen Verlust von einem Hundertstel Fett. Wenn man bedenkt, welch eine mächtige Menge Kopra jährlich verarbeitet wird, dann ist es einleuchtend, daß die Verbesserung der Kopra eine Aufgabe ist, die schon verschiedene koloniale Regierungen beschäftigt hat. Die größten Schwierigkeiten liegen hier auf wirtschaftlichem Gebiete. Der Preisunterschied zwischen guter und schlechter Kopra ist so gering, daß es nicht lohnt, in den großen Eingeborenenpflanzungen gut beaufsichtigte Trockenanlagen zu errichten. Dadurch gehen jedes Jahr große Mengen an köstlichem Fett der Wirtschaft verloren.

Eine gut angelegte, unter sorgfältiger Aufsicht stehende Kokospflanzung ist allerdings keine Goldgrube. Das Kapital verzinst sich meist nicht, da der Koprapreis zu niedrig ist. Der größte Fehler ist ferner, daß die meisten Plantagen zu klein und die allgemeinen Unkosten daher unverhältnismäßig hoch sind. Eine ausgewachsene Kokospalme hat einen Kapitalwert von rd. 20 *M*. Eine Pflanzung, die einigen Vorteil bringen soll, muß rd. 100 000 Palmen haben.

Glücklicherweise gibt es noch eine Möglichkeit, einer Kokospflanzung einen höhern Wert zu geben, doch nur eine einzige, nämlich die Verwertung der Kokosfaser, aus der die Hülle oder das Polster besteht, die Mesocarp.

Wohl schon seit Jahrtausenden gibt es ein Kokosfasergewerbe in gewissen Teilen Britisch-Indiens und Ceylons, und dort werden alle Fasern und Garne erzeugt, die in der ganzen Welt für Teppiche und Tauwerk aus diesem Stoff erforderlich sind. Dieses bildet dort für viele Tausende von Leuten eine wenn auch nur bescheidene Einnahmequelle. Die Einführung dieses Gewerbes in andre Länder ist jedoch bisher auf unüberwindliche Schwierigkeiten gestoßen.

Die Spinnfasern lassen sich aus dem Polster nur durch „Rotung" gewinnen, d. h. indem es während mehrerer Monate in Wasser gelegt, also in ähnlicher Weise wie der Flachs bearbeitet wird. Aber dafür hat man Polster von unreifen Nüssen nötig, da die Polster von reifen Nüssen zur Rotung ungeeignet sind. Doch gibt Fruchtfleisch von unreifen Nüssen anderseits keine gute Kopra ab, ebensowenig wie ein unreifer Apfel keine wertvolle Tafelfrucht ist. Ferner war es bis jetzt unmöglich, eben die durch Rotung gewonnenen Fasern maschinell zu verarbeiten, d. h. zu verspinnen. Für die Plantagen gab es also nur die Möglichkeit, die Kopra zu gewinnen; die Frage der Gewinnung und Verspinnung der Faser blieb ungelöst, so daß diese Einnahmequelle brach lag.

Die Aufgabe bestand also aus zwei Teilen: 1. Wie kann man die Beschaffenheit der Kopra verbessern, so daß man nicht mehr, wie bisher, alljährlich den Verlust wertvoller Bestandteile zu erleiden hat? 2. Wie kann man die Faser gewinnen?

Die Vorversuche

Natürlich hat es an Versuchen nicht gefehlt, und viel Arbeit, Gut und Geld ist aufgewendet worden, um diese Fragen zu lösen. Doch haben diese Versuche offenbar bisher zu keinen praktischen Ergebnissen geführt. In Deutschland hat der 1926 leider zu früh verstorbene Professor Dr. Paul Preuß, Direktor der Neu-Guinea-Co., als Kokosfachmann weltbekannt, Bedeutendes auf diesem Gebiete geleistet. Doch konnte man schon seit einigen Jahren dann und wann in den Zeitungen von gewissen neuen Versuchen lesen. Diese haben sich als erfolgreich erwiesen, und man kann heute darüber nähere und genauer Mitteilungen machen.

Die zahlreichen mit den Fasern angestellten Untersuchungen lagen im allgemeinen auf dem Gebiete der Technologie, mehr speziell auf denen der Chemie und der Biologie, ferner sind alle Schriften über die Kokospalmen und ihre Erzeugnisse von Biologen und Chemikern verfaßt. Nach außerordentlich gewissenhaften Untersuchungen waren nun alle Biologen und Chemiker der Ansicht, daß es eine Unmöglichkeit sei, von einer reifen Nuß gute Fasern zu gewinnen, und ohne Zweifel war

es auch richtig, daß von einer unreifen Kokosnuß keine gute Kopra zu gewinnen sei. Da solche bestimmten Aussprüche bedeutender Männer der Wissenschaft vorliegen, war man in den chemischen und biologischen Kreisen der festen Ansicht, daß es für diese Fragen keine Lösung gäbe.

Durch einen Zufall bekam der Ingenieur B. G. H. van der Jagt im Haag, von Beruf Elektrotechniker und Maschineningenieur und als solcher als beratender Ingenieur in Java tätig gewesen, im Jahre 1923 den Auftrag, ein Faserverfahren zu untersuchen, das bezweckte, härtere Fasersorten, wie Manilahanf, Sisal, Cantalla, Kokos und andre, durch Abkochen in einer Mischung von hauptsächlich kaustischer Soda, Kupfersulphat und Chlorammonium geschmeidiger und dadurch für die Feinspinnerei geeignet zu machen; diese Mischung, eine Erfindung des Apothekers Hofsté, Amsterdam, war diesem gesetzlich geschützt.

Da van der Jagt Ingenieur in Rohrzuckerfabriken gewesen war, besaß er genügende Kenntnisse der chemischen Grundlagen, um jedenfalls die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens untersuchen zu können. Sehr rasch zeigte sich, daß das Verfahren zu teuer sei und nur in sehr wenigen Fällen und nur unter bestimmten Voraussetzungen einige Gewinnmöglichkeiten versprach. Doch bei diesen Untersuchungen und insbesondere bei denen über die Kokosfaser kam er auf den Gedanken, die Frage von einer ganz andern Seite zu betrachten, und zwar von einer Seite, wo er wissenschaftlich wie praktisch weit besser zu Hause und beschlagen war, nämlich vom rein mechanischen Standpunkt.

Im Querschnitt zeigt sich die Kokosfaser als ein Rohr, dessen Wandung aus einer Anzahl kleiner Röhrchen (den Elementarfasern) besteht. Für einen Ingenieur war es nun kein Geheimnis mehr, warum die Kokosfasern so steif, so wenig geschmeidig waren, da ein solcher Querschnitt einen sehr großen Widerstand gegen Biegung ergibt. Es zeigte sich aber, daß sich unter Druck die Rohrform in eine Bandform überführen ließ. Dies bedeutete eine außerordentliche Verringerung des Widerstandmomentes gegen Biegung, ohne daß die Festigkeit und die Elastizität der Faser bedeutend gelitten hätte. Die Faser war also nicht in chemischer, sondern viel leichter in mechanischer Weise geschmeidig zu machen. Dabei ergab sich weiter, daß diese Bandform außerordentliche Vorzüge beim Verspinnen der Faser zeigte.

Das Trennen der Faser von dem sie reichlich umgebenden Kokosstaub, dem „Kofferdam", hat bis jetzt, was die Spinnfaser anbelangt, immer auf biologischem Weg stattgefunden, durch Rotung. Der Kofferdam wurde dann nach längerer Zeit so weich, daß man mit der Hand, durch Klopfen, die Faser davon trennen konnte. Van der Jagt fand, daß man einfacher arbeiten könnte, indem man erst die Hülle durch Klopfen und Brechen weich macht, um alsdann das Polster öffnen zu können. Die Öffnung eines trocknen Polsters erfordert jedoch eine bedeutende Kraft. Weicht man das Polster aber in Wasser, dann war die erforderliche Kraft schon weit geringer; kochte man sie während ziemlich kurzer Zeit in einer einfachen Lösung von kaustischer Soda, dann war sie am geringsten. Infolge der Beschaffenheit der kaustischen Soda, die hierbei nicht als chemischer Stoff, sondern lediglich als Schmiermittel dient, kann man nun das Polster mit sehr wenig Kraftaufwand auseinanderreißen, doch alsdann hat man natürlich die Faser noch nicht von dem Kofferdam getrennt. Dies ist indessen durch stetiges Quetschen und Wiederöffnen auf dazu geeigneten Maschinen zu erreichen, und alsdann ist es möglich, die Faser aus dem Polster auf vollkommen maschinellem Wege und in sehr kurzer Zeit, ohne größeren Kraftaufwand und ohne die Faser zu beschädigen, zu gewinnen.

Nun stellte sich bei diesen Versuchen etwas sehr Bemerkenswertes heraus, das von größter Wichtigkeit und günstig für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist. Beim Kochen der Fasern in kaustischer Soda tritt immer ein bedeutender Gewichtsverlust auf, der zwischen 10 und 25 vH schwankt. Kochte man nun aber fortwährend frische Mengen Polster in der alten Lauge, dann entstand eine Flüssigkeit, die zwar keine kaustische Soda mehr enthielt, aber doch die schmierenden Eigenschaften aufwies, die es ermöglichten, das Polster auseinanderzureißen, ohne die Faser zu beschädigen und, was mehr bedeutet, ohne Gewichtverlust an Fasern, vor allen Dingen, auch ohne daß die schädliche Wirkung der kaustischen Soda die Faser auch später noch zerstören konnte. Nun war es möglich, andre Stoffe als kaustische Soda zu verwenden, obwohl diese gewisse Vorteile hat.

So hat man jedenfalls große Verluste an Fasern wie an Chemikalien vermieden; auch großer Kraftaufwand war nicht nötig. Das wichtigste jedoch war, daß man die so gewonnene und bearbeitete Kokosfaser vollständig mechanisch verspinnen konnte.

Es stellte sich ferner heraus, daß unter gewissen Umständen, die Garne aus Fasern reifer Nüsse stärker waren, als die des besten handgesponnenen Kokosgarns von Fasern unreifer Nüsse, wie sie bisher auf den Weltmarkt kamen. Da aber die Garne nach dem neuen Verfahren auch geschmeidiger sind, so ist auch die Anwendungsmöglichkeit dieses Verfahrens erweitert worden.

Also: nicht auf biologisch chemischem, sondern auf vollständig mechanischem Wege wurden diese Fragen gelöst, und das ist wohl die Ursache davon, daß ihre großindustrielle Verwertung bis jetzt noch nicht möglich gewesen ist. Die Biologen und Chemiker sind gar nicht oder fast gar nicht „mechanisch" eingestellt. Solange also die Aufgabe von der nicht mechanischen Seite untersucht und angefaßt wurde, hat dies, kann man wohl sagen, zu nichts geführt.

Waren nun einmal die richtigen Grundsätze gefunden, so galt es nun, einen Betrieb einzurichten, worin die Kokosnuß verarbeitet werden konnte: 1. zu Kopra in den verschiedenen Formen, z. B. dessicated Cocoanut und gewöhnlicher Marktkopra; 2. zu Garnen.

Natürlich hatte der Erfinder, der glücklicherweise über eine gute Erfahrung auf mechanischem und elektrotechnischem Gebiete verfügte und auch einige Tropenerfahrung aus Ost- und Westindien besaß, die einschlägigen letzten Errungenschaften der gesamten neuzeitlichen Technik zur Verfügung, und was vor 50 Jahren nicht möglich gewesen wäre, konnte jetzt gelingen. Ein neuzeitlich eingerichteter Kokosnußbetrieb hat außer Gebäuden und Transportanlagen aller Art auch Brecheinrichtungen für Polster und Nüsse sowie Trockenanlagen für Fasern und Fruchtfleisch, weiter Kochanlagen, Dampfkessel, Gaserzeuger und Motoren und eine gediegene elektrische Ausrüstung sowie die ganz neuen Faserbearbeitungs-, Spinn- und Garnbereitungsmaschinen, Bleichanlagen und später auch Webstühle zur Verfügung. Auch dürfen eine gute Ausbesserwerkstatt und eine Ballenpresse nicht fehlen.

Nachdem die ersten Versuche gezeigt hatten, daß diese Grundsätze richtig sind, und da für die weitere Entwicklung und Ausarbeitung des Verfahrens ziemlich bedeutende Geldsummen erforderlich waren, wurde 1925 eine niederländische Studiengesellschaft mit dem Sitz in Rotterdam gegründet, kurzweg das Kokos-Syndikat genannt. Es besteht in der Mehrzahl aus holländischen Kolonialfirmen; doch sind auch noch bedeutende ausländische Firmen in diesem Syndikat vertreten. Von nun an war van der Jagt in der Lage, die geeigneten und erforderlichen Maschinen zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit des maschinellen Verfahrens bauen zu lassen.

Dank der außerordentlichen technischen wie auch geldlichen Mitwirkung der britischen Gesellschaft Fairbairn Lawson & Combe Barbour Ltd., Leeds und Belfast wurden in dem Belfaster Fabrikbetrieb dieser Firma im Laufe des Jahres 1926 die ganz neuartigen Maschinen gebaut; sie wurden im Herbst in Rotterdam aufgestellt, damit das Verfahren im großen Maßstab praktisch angewendet und im einzelnen genau studiert werden konnte. Die besten Konstrukteure haben an dieser Anlage mitgearbeitet, und doch war es anfangs nicht zu vermeiden, daß Fehler begangen wurden. War doch die mechanische Gewinnung und Verspinnung

von Kokosfasern etwas bisher ganz Unbekanntes, es fehlte jegliche Grundlage, nach der gearbeitet werden konnte. Das machte viele Schwierigkeiten. Es zeigte sich, daß die erste Ausführung falsch war. Aber Dank den Mitteln, die van der Jagt und Combe Barbour zur Verfügung standen, wurde es möglich, auch hierbei das Richtige zu erkennen und die Maschinen, die grundsätzlich richtig entworfen waren, zu der gewünschten und erforderlichen hohen Leistungsfähigkeit zu bringen.

Die Ergebnisse

Was nun als tatsächlich gelungen und als mehrfacher Erfolg bezeichnet werden kann, ist folgendes: 1. Die richtigen Grundlagen des Baues der Gewinnungs- und Verspinnmaschinen für die Faser sind gefunden, allerdings nur für eine bestimte Garnnummer, nämlich vorläufig für Nr. 1 (d. h. etwa 600 m/kg). 2. Die Leistung der Spinnmaschinen wurde so gesteigert, daß der Herstellungspreis für Garne bis Nr. 1 bedeutend unter den jetzigen Weltmarktpreisen liegt und somit ein Markt dafür zu finden ist. 3. Es ist ferner möglich geworden, die Kokosnüsse in einer großindustriellen Anlage zu verwerten. Ein Betrieb ist möglich geworden, wobei die reifen Kokosnüsse einer Fabrik zugeführt und dort zu drei Erzeugnissen verarbeitet werden: a) Kopra, dessicated cocoanut oder andere Formen des Kokosfleisches, b) zu ganz mechanisch gesponnenen Garnen, aus denen verschiedene weitere Stoffe und Werkstoffe hergestellt werden können, während c) die Abfallstoffe, wie der Kofferdam, die äußere harte Haut, die Epicarp, und die harte Schale, die Endocarp, als Brennstoffe für den Antrieb der Maschinen und der Trockenanlagen verwandt werden können.

Die Aussichten

Selbstverständlich ist es mit diesen Errungenschaften an sich noch durchaus nicht getan. Allerdings ist durch die Möglichkeit, Garn Nr. 1 spinnen zu können, der Kokosfaser eine Entfaltung geschenkt worden, die man ruhig auf rd. 200 000 t in einem Jahr ansetzen kann, doch im Verlaufe der weiteren Entwicklung wird man noch viel größere Gebiete erschließen können.

Diese Entwicklung liegt in der Richtung der feineren Garne. Jetzt ist es schon technisch möglich, Garne Nr. 2 zu spinnen, jedoch noch nicht wirtschaftlich; man kann ferner mit Sicherheit sagen, daß auch Garne Nr. 3, gegebenenfalls mit Beimischung andrer Fasern in Zukunft auch wirtschaftlich angefertigt werden können. Insgesamt wird man rd. 3 Mill. t in einem Jahr von dieser Faser spinnfähig erzeugen können, wenn alle Möglichkeiten ausgenutzt sind.

Auf die Frage, ob man in unserer Volkswirtschaft nun auch diese Faser braucht, kann man feststellen, daß eine billige harte Faser dem Markt noch fehlt.

Die Kokosfaser ist zunächst dazu berufen, die gröberen Garne zu ersetzen. Für diese schweren Garne sind gerade die Kosten der Faser bedeutend gegenüber dem Arbeitslohn des Spinnens, während bei den feinern Garnen der Spinnlohn überwiegt und der Faserpreis nicht so sehr in Frage kommt.

Durch Zerlegung der Faser ist aber in der Zukunft noch viel zu erreichen, und es ist Prof. Claviez jetzt tatsächlich gelungen, die Kokosfaser weiterhin zu zerlegen (kotonisieren), und von den wollartigen Fasern, die er gezeigt hat, sind wohl die feinsten Garne zu spinnen.

Der Kofferdam wird jetzt noch verbrannt, doch Bergsma im Haag hat mittels eines neuen Verfahrens, mit Kofferdam als Füllmittel, ein ausgezeichnetes Kunstholz machen können.

Im Kofferdam ist ein Farbstoff enthalten, der vielleicht ebenfalls verwertet werden kann, und durch Verkokung der harten Schale sind Stoffe zu erzeugen, die von großem Nutzen sein können. Die Gewinnung von Nebenerzeugnissen wird wohl eine naheliegende Aufgabe dieser neuen Industrie sein.

Vorläufig steht aber die Errichtung einer Fabrik an Ort und Stelle, also „unter Palmen“, und die Anfertigung der gröberen Teppichgarne — auch an Tauwerk und Netze ist gedacht — auf dem Arbeitsplan. [B 1312]

Die Fließarbeit in Plättereien

Von Dipl.-Ing. H. Walter, Frankfurt a. M.

Durchführung der Fließarbeit in Plättereien. — Eine hierfür konstruierte Einrichtung und ihre Wirkungsweise.

Als die wirtschaftliche Not der Nachkriegsjahre die deutsche Industrie und den deutschen Handel zu erdrücken drohte, mußte notgedrungen der von Amerika ausgegangene Ruf nach Rationalisierung, der vielleicht vorher manchem übertrieben und für unsere Verhältnisse nicht anwendbar erschien, gehört und verstanden werden. Die in Amerika seit einer Reihe von Jahren erprobten, neuzeitlichen Betriebs- und Transportverfahren, die dort zu fast märchenhaften Erfolgen führten, wurden zunächst ganz schüchtern, aber dann in immer umfangreicherem Maß auch bei uns eingeführt. Alle Industrien befassen sich jetzt nach amerikanischem Vorbild mit der Frage der Rationalisierung. Sie strebt nach Arbeitsbeschleunigung durch Arbeitsvereinfachung mit möglichst weitgehender Verwendung von Maschinen sowie nach Vereinheitlichung und Mechanisierung vieler Arbeitsvorgänge und der damit verbundenen Leistungssteigerung und Güteverbesserung bei gleichzeitiger Verminderung der Herstellkosten. In fast allen Industrien findet man heute „die Arbeit am laufenden Band“, in jüngster Zeit auch in der Textilindustrie. Als letztere Neuerung kann wohl die Fließarbeit in Plättereien gelten.

Bisher konnten alle Arten von Bügelarbeiten, soweit sie nicht maschinell durch Pressen, Mangeln oder dergl. zu ersetzen waren, nicht als stetig fortschreitende Teilverrichtungen durchgeführt werden, sondern mußten mehr oder minder handwerksmäßig als Fertigarbeiten von einer Person von Anfang bis zum Ende vollzogen werden. Das war darin begründet, daß bisher bei der Beförderung des ganz oder teilweise bearbeiteten (gebügelten) Stückes zur nächsten Arbeitstelle ein Zerknittern nicht vermieden werden konnte.

Diesem Übelstand wird nunmehr abgeholfen durch eine Neuerung[1]) der Firma Wilhelm Stöhr, Offenbach am Main. Die Einrichtung ermöglicht die Zerlegung des Plättvorganges in einzelne Abschnitte, wobei ein bestimmter Abschnitt nach Art der Fließarbeit an einem bestimmte Platz von einer bestimmten Arbeiterin in einer bestimmten Zeit ausgeführt und der Weitertransport selbsttätig entweder gleichmäßig oder absatzweise vollzogen wird. Es wird also an einem bestimmten Wäschestück an dem Arbeitsplatz 1 nur eine bestimmte Teilarbeit des Bügelns verrichtet, an dem Platz 2 die nächste Teilarbeit usw., bis das Stück den letzten Platz fertig gebügelt und zusammengefaltet verläßt. So wird nach den bisher gemachten Erfahrungen eine bedeutende Beschleunigung und Verbesserung der Arbeit erreicht:

1. Wie bei jeder fließenden Fertigung infolge der Einführung eines ganz genau festgelegten Zeitmaßes, an das sich sämtliche Arbeitskräfte halten müssen. Ein Aussetzen der Arbeit ist unmöglich. Keiner der Beschäftigten kann seine Arbeitstätte verlassen, ohne daß der stetige Fluß unterbrochen und eine Stockung auftreten würde.

2. Infolge der mit der fließenden Fertigung Hand in Hand gehenden Arbeitsteilung. Sie bringt weitestgehende Einstellung auf eine ganz bestimmte, eng umgrenzte Ar-

[1]) DRGM Nr. 1 005 225.

Abb. 1 und 2
Plätten auf laufendem Bande im Betriebe der Firma N. F. Grünfeld, Landeshut (Schlesien).

beitsverrichtung mit sich, und durch die Übung, mit der das Personal immer ein und dieselbe Teiltätigkeit verrichtet, ergibt sich eine wesentliche Beschleunigung und Verbesserung der Werkstättenleistung und ein geldlicher Gewinn infolge der Ersparnis unnötiger Wege, doppelter Arbeitsleistung usw.

Diese Einrichtung zur Durchführung der Fließarbeit in Plättereien besteht im wesentlichen aus einem laufenden Band, das die gleichen Eigenschaften wie ein Plätt-Tisch aufweist, das also gepolstert und mit einem geeigneten Plättüberzug versehen ist. Das Band bewegt sich mit einer praktisch erprobten, in genau festgelegten Grenzen regelbaren Geschwindigkeit vorwärts, wobei trotz der Bewegung die Standfestigkeit eines Plätt-Tisches erhalten bleibt. Das Band besteht nämlich aus Hartholzstäben keilförmigen oder trapezförmigen Querschnittes. Diese Holzleisten sind, mit ihrer größten Fläche eng aneinanderliegend, in geeigneter Weise auf einem Transportband aus Leinen, Baumwolle oder dergl. befestigt. Über dem Bande befindet sich eine Wergpolsterung mit Überzug, der seitlich an den Leisten gehalten wird. Die Hartholzstäbe haben zu beiden Seiten Einfräsungen, die zum Führen und Abtragen des Bandes auf sehr glatten Messingschienen dienen. Um die Plättoberfläche reinigen zu können, hat man auswechselbare Überzüge vorgesehen, die mittels Knöpfen, Druckknöpfen, Haken und Schlingen oder dergl. befestigt werden können. Ein Durchbiegen oder Durchhängen, elastisches Nachgeben usw. findet also nicht statt.

An diesem Band wird nun eine bestimmte Anzahl von Plätterinnen aufgestellt, die die Bügelarbeit in Form von Teilverrichtungen so vornehmen, daß z. B. die erste Arbeiterin das noch rohe Stück in einem Teil plättet, wobei sie in dem langsamen, vom Band vorgeschriebenen Zeitmaß mit dem Werkstück fortschreitet. An einer Marke angekommen, muß sie die ihr obliegende Arbeit beendet haben und an den Anfang ihres Arbeitsplatzes zurückkehren, indem sie das erste Arbeitsstück einer zweiten Plätterin überläßt. Diese erledigt nun den ihr zukommenden Teil des Plättvorganges. Die erste Plätterin hat inzwischen wieder an ihrem Arbeitsplatz ein neues frisches Stück in Empfang genommen und führt wieder die gleiche Teilverrichtung aus wie zuerst usw. Auf diese Weise wandert das Werkstück von Hand zu Hand und kommt schließlich am Ende des Plättbandes zu einem Tisch, von wo aus es dem Versand oder dem Lager zugeleitet wird.

Das Plätten am laufenden Band dürfte vor allem für Wäsche-, Kleider-, Schürzenfabriken usw. in Frage kommen, also besonders für Betriebe, die immer eine große Menge gleicher oder ähnlicher Stücke zu verarbeiten haben. Das ist aber für die Verwendung des laufenden Bandes keineswegs Voraussetzung, denn es kann mit größtem Vorteil auch in Großwäschereien usw. verwendet werden, also in Betrieben, wo ganz verschiedene Wäschestücke gleichzeitig zu behandeln sind. Dies durchzuführen, wird nur eine Frage der Einübung des Personals sowie der Betriebsorganisation sein.

Eine Anlage dieser Art ist seit einiger Zeit bei der Firma N. F. Grünfeld, Landeshut (Schlesien), im Betrieb, Abb. 1 und 2; sie hat sich dort technisch, betrieblich und wirtschaftlich in jeder Hinsicht bestens bewährt.

[B 1201]

Tangentialschloß für kraftübertragende Stahlbänder

Schwere Verbindungsschlösser für kraftübertragende Stahlbänder[1]), bei denen das Band zwischen zwei Platten (Schloßoberteil und Gewindeplatten) eingespannt wird, beanspruchen Band und Bandscheiben sehr stark infolge des Aufschlagens der Gewindeplatten auf die Scheibenkränze. Das Tangentialschloß, Abb. 1, der Kraftband-G. m. b. H., in Gera, das in einer leichten, 60 mm breiten Einheitsgröße für alle Bandabmessungen hergestellt wird, vermeidet es, den Bandstahl zwischen Metallplatten einzuspannen. An den Bandenden sind Flachstäbe mit versenkt geprägter Nietung befestigt, die in der Aussparung des Schloßoberteiles liegen und mit ihm lösbar und gesichert verschraubt sind; an die Aussparung schließen sich seitlich kurze Abwälzflanken an. Die Nietlöcher haben einen kleineren Durchmesser als das Niet, werden trichterförmig durchgeprägt und passen in die Versenkungen der Flachstäbe, Abb. 2. Das fein durchbohrte Niet wird zwischen den Spitzen einer Präge (kleines Montagewerkzeug) innig an die Wandung gestaucht; nicht die Nietschäfte übertragen die Kraft, sondern die Trichterwandungen von Band und Stab.

Abb. 1
Tangentialschloß für kraftübertragende Stahlbänder.

Abb. 2
Nietverbindung zwischen Band und Flachstab.

Zerreißversuche an laufenden Bändern mit dem Tangentialschloß ergaben in der biegungsfreien Nietstelle ungefähr die gleiche Festigkeit wie der auf Biegung beanspruchte Bandquerschnitt. [M 1642]

Saalfeld a. S. C. Gerdts

[1]) Z. Bd. 55 (1911) S. 1768.

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Abb. 1
Französischer Mähdrescher, Vorderansicht.

Landmaschinen

Landmaschinen-Ausstellung in Paris 1928

Die außerordentliche Verbreitung des landwirtschaftlichen Klein- und Mittelbesitzes in Frankreich drückt sich zweifellos in dem Bestreben der in Frage kommenden Industrie aus, für diese Betriebe gangbare Landmaschinen auf den Markt zu bringen. Unter diesem Zeichen stand auch im allgemeinen die 7. Pariser Landmaschinen-Ausstellung im Januar 1928.

Schlepper. Der Kleinschlepper mit dem ihm entsprechenden einfachen Pfluggerät ist hier geradezu eine nationale Frage. Bemerkenswert ist die weitere Durchbildung des Einradschleppers mit Motor, der in das Rad eingebaut ist und dessen Leistung man jetzt bis zu 10 PS bemißt; solche Schlepper bauen die Firmen Curtis, Puteaux und Dhenain, Asnières. Von den größeren Schleppern scheint man dem Radgreiferschlepper (Flächengreifer) den Vorzug zu geben, doch glaubt man mit 20 PS Motorleistung auszukommen; der Renault-Schlepper versucht diese Lösung. Die Einführung von Kettenschleppern wird durch einen erheblichen Zuschuß des Kriegsministeriums an die Käufer gefördert, und zwar handelt es sich hier um den Siam-Kettenschlepper von 35 PS Leistung. Zur Bearbeitung der Weinkulturen sind Schlepper und Geräte zweckmäßig ausgebildet, um nur den Schlepper der Société ARA, Paris, zu erwähnen, der den Pflug in senkrechte Stellung auszuheben und damit auf der Stelle zu wenden gestattet.

Als Pfluggerät erfreut sich in Frankreich der Kehrpflug außerordentlicher Beliebtheit, und zwar sind hier drei Gruppen zu unterscheiden: der reine Anhängepflug, unabhängig von den Bewegungen des Schleppers, der Anhängepflug ohne Hinterradführung und schließlich der Traganhängepflug. Dem Tragpflug wird besonderes Augenmerk

Abb. 2
Französischer Mähdrescher, Hinteransicht.

zugewendet, da man offenbar geneigt ist, den Nachteil der Abhängigkeit von den Schlepperbewegungen zugunsten der Einfachheit des Tragpfluges in den Kauf zu nehmen.

Der amerikanische Mähdrescher taucht in neuer Form auf, den Verhältnissen der europäischen Landwirtschaft angepaßt. Den ersten Versuch macht die Firma Doilhet in Canderan-Bordeaux. Die unterscheidenden Merkmale gegenüber der amerikanischen Maschine sind: tiefer Schnitt, geringe Arbeitsbreite, Binden des Strohs zu Garben und vor allem Absacken des Drusches in ungereinigtem Zustand. Als Dreschorgan wird die Schlagleistentrommel an Stelle der Stiftentrommel angewandt. Das Schneiden soll vor der Totreife stattfinden, um übermäßigen Körnerverlust zu vermeiden.

Der französische Mähdrescher, Abb. 1 bis 3, arbeitet in folgender Weise: Ein Zubringer *b* führt am Ende des Fördertuches *a* das geschnittene Getreide der Dreschtrommel *c* zu. Diese wirft das Stroh auf den Strohschüttler *d* und weiter auf ein Sieb *f*. Ein Fördertuch *e* wirft nun das Stroh aus oder führt es dem Binder zu, während die gesiebten Körner in einer Förderwanne *g* gesammelt und durch einen Höhenförderer in Sackhöhe gebracht werden.

In Rübenerntemaschinen herrscht mit wenigen Ausnahmen das Bestreben, zu einfacher Bauweise zurückzukehren. Düngerstreuer mit Wanderboden scheinen in Frankreich das Feld zu behaupten. Mehr Beachtung schenkt man dem hier bisher vernachlässigten Gebiete der Weinbaugeräte. So waren auf der Ausstellung verschiedene Ausführungen von Weinbergzugwinden zu sehen, wobei auf

Abb. 3
Schema des französischen Mähdreschers.

a Fördertuch
b Zubringer
c Dreschtrommel
d Strohschüttler
e Strohfördertuch
f Siebfläche
g Förderwanne für den Drusch
h Korb

die zweckmäßige und den Verhältnissen angepaßte Anordnung der Spritz- und Schwefeleinrichtungen besonderer Wert gelegt wird. („Die Technik in der Landwirtschaft" Bd. 9 (1928) Nr. 5 S. 105) [M 1693] Ro.

Eisenbahnwesen

Die Eisenbahnen des Irak[1])

Noch vor 1914 hatte die Bagdadbahn den Bau ihrer Linie auch von Bagdad aus begonnen. Beim Kriegsausbruch war die 119 km lange Strecke Bagdad–Samara, Abb. 4, tigrisaufwärts, in Normalspur für 15,5 t Achsdruck fertiggestellt. Von den letzten Bestellungen waren gerade fünf Lokomotiven auf dem Seewege über Basra eingetroffen und zusammengebaut, weitere vier wurden von den Engländern unterwegs beschlagnahmt und schließlich in den Park der ägyptischen Staatsbahn, wo sie auch heute noch Dienst tun, eingestellt[2]). Der Oberbau und die deutschen Fahrzeuge sind auch nach heutigem englischen Urteil in vorzüglichem Zustande.

Im Kriege nahmen die Engländer Besitz von Mesopotamien und begannen sofort, die Bahnen auszubauen. Die alte Bagdadbahn wurde tigrisaufwärts bis Schergat verlängert, die Fahrzeuge durch Umbau einiger Lokomotiven mit 1676 mm Spur aus Indien ergänzt. Von Schergat nach Mosul besteht heute Kraftwagenverkehr.

Wichtiger noch war die Verbindung des Hafens Basra mit dem 565 km entfernten Bagdad. Von der englischen Heeresverwaltung wurde sowohl die Strecke Basra – Ur (das Ur der Chaldäer) 201 km, am Euphrat aufwärts, als auch die Strecke Basra – Amara, Sheik-Saad – Ess Sinn und Kut el Amara – Bagdad am Tigris aufwärts gebaut. Den Bau der letztgenannten Strecke hat man inzwischen aufgegeben,

[1]) Nach einem Bericht von General F. V. Hammond, Railway Gazette Bd 48 (1928) S. 136.
[2]) Locomotive Magazin Bd. 3 (1927) S. 405.

nachdem die Strecke Ur—Bagdad fertiggebaut worden ist. Das letzte Stück hiervon, Hilleh—Bagdad, 104 km, war während des Krieges in Regelspur gebaut, ist aber inzwischen in Übereinstimmung mit den übrigen Strecken südlich Bagdad auf 1 m Spurweite umgebaut worden.

Die Bahn Basra—Bagdad endet in Bagdad auf dem rechten Tigrisufer. Auf dem linken Ufer ist inzwischen ein Netz mit ebenfalls 1 m Spurweite ausgebaut worden, das von Bagdad nach Chanikin, 175 km, dicht an der persischen Grenze an der großen Handelsstraße nach Kermanschah führt. Kurz vor Chanikin zweigt in Karagan eine 174 km lange Linie nach Kerkuk ab, deren Fortsetzung nach Ninive, gegenüber Mosul (etwa 170 km), geplant ist. Diese Linie führt durch fruchtbare Getreidegegenden, während die alte Bagdadbahnlinie nach Mosul meist Wüstenland durchfährt. Man denkt daher daran, die Strecke Samara—Schergat wieder aufzureißen und die so gewonnenen Baustoffe für die Strecke Kerkuk—Ninive zu verwenden.

Die beiden Eisenbahnnetze sind in Bagdad durch eine Wagenfähre über den Tigris verbunden, die in 11 h 72 vierachsige Wagen überführen kann, deren Betrieb aber während der Hochwasserzeiten Schwierigkeiten bereitet. 6 km von Bagdad entfernt, in Schalchiyah, liegen die Werkstätten, die weit über den jetzigen Bedarf geräumig sind, deren Einrichtung, die während des Krieges in Indien zusammengekauft wurde, jedoch veraltet ist.

Der Personenverkehr ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen, er leidet unter dem Wettbewerb der Kraftwagen. Man sucht diesem Übelstand durch niedrige Personentarife, da, wo er am fühlbarsten ist, zu begegnen. Zur Zeit kostet 1 km in der 3. Klasse auf einzelnen Strecken nur 4,7 ₰, stellenweise sogar nur 2,3 ₰. Auch die Frachtsätze, z. B. die Durchgangsfracht Basra-Bagdad mit 3,55 ₰/tkm, sind niedrig.

Von den Lokomotiven sind 17 normalspurig und 80 haben 1 m Spurweite. Unter diesen Schmalspurfahrzeugen sind auch einige Malletlokomotiven, „an american war-time production of inferior workmanship" nach dem Bericht von General Hammond. Die übrigen schmalspurigen Lokomotiven sind englischen Ursprungs. Sie wurden von indischen Bahnen gekauft: die jüngsten Lokomotiven stammen aus dem Jahre 1915, viele aber sind wesentlich älter, vier sogar 40 Jahre alt. Für den Nahverkehr ist die Beschaffung von zwei Sentinel-Lokomotiven beabsichtigt.

Auf der Strecke Basra—Bagdad (565 km) und umgekehrt verkehrt wöchentlich im Anschluß an den Dampfer von und nach Indien ein Postzug mit 20¼ h Fahrzeit, an den übrigen Tagen ein gemischter Zug in 28½ h. Auf der Nordlinie Bagdad—Chanikin laufen täglich in jeder Richtung zwei gemischte Züge, einer am Tage, einer in der Nacht, von Karagan nach Kerkuk verkehrt viermal wöchentlich ein Zug in jeder Richtung.

Die Verwaltung der Irak-Bahnen wurde am 1. April 1920 von der Militärverwaltung an die englische Zivilverwaltung übergeben, die auch bei Übergabe der Verwaltung und des Betriebes an die Irakregierung am 1. April 1923 das Eigentum behielt, nachdem sie in der Zwischenzeit weitere 16 Mill. ℛℳ Zuschüsse geleistet hatte. Der Wert des ganzen Bahnnetzes wurde 1922 auf 62 Mill. ℛℳ geschätzt, doch hat 1925 eine Kommission den Wert nur mit 34 Mill. ℛℳ angesetzt. Z. Zt. steht an der Spitze der Bahnverwaltung ein Direktor, der seinerseits dem Minister der öffentlichen Arbeiten der Irak-Regierung untersteht. Diesem Ministerium ist ein englischer Berater zugeteilt.

[M 1293] M.

Abb. 4. Eisenbahnen des Irak.

Die Schweizerische Hochdrucklokomotive.

Nach langen Versuchen auf dem Prüfstand läuft die von der Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur, erbaute Hochdrucklokomotive, Abb. 5 bis 7, seit November vorigen Jahres auf Schienen. Sie ist auf dem schon von Pfaff[1]) und Wiesinger[2]) vertretenen Gedanken aufgebaut, Turbine und Kondensator von der Lokomotive fernzuhalten, weil der Kondensator zu schwer und empfindlich ist und wegen der vielen Hilfsmaschinen die ganze Anlage sehr vielteilig macht.

Bei einem Dampfdruck von 60 at und Auspuff konnte nur eine Gleichstrom-Dampfmaschine in Frage kommen; sie hat drei gleiche Zylinder, Ventilsteuerung und arbeitet mit einer Zahnradübersetzung von 1 : 2,5 auf eine Blindwelle. Auf diese Weise wird der erforderliche große Hubraum leicht untergebracht. Der Dampferzeuger, Abb. 7, besteht aus einem Oberkessel als festem Rückgrat und zwei seit-

[1]) Pfaff, Die Kolbendampfmaschinen-Lokomotive mit Kondensation, Z. Bd. 68 (1924) S. 997.

[2]) Wiesinger, Die Entwicklung der Hochleistungslokomotive Bauart Wiesinger, Glasers Annalen Bd. 50 (1927) S. 69.

Abb. 5 und 6
1 C 1-Hochdrucklokomotive der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik.

Zyl.-Dmr.	215 mm	Zahnradübersetzung	1 : 2,5	Wasserinhalt des Kessels	2700 l	Leergewicht	62,8 t
Kolbenhub	350 „	Treibrad-Dmr.	1520 mm	„ der Vorratbehälter	6000 l	Dienstgewicht	75,0 „
Dampfüberdruck	60 at	Rostfläche	1,34 m²			Reibungsgewicht	48,0 „
Zahl der Zylinder	3	Gesamtheizfläche	117 „	Kohlenvorrat	2,7 t	Höchstgeschwindigkeit	80 km/h

Abb. 7
Schema der Winterthurer Hochdrucklokomotive.

a Oberkessel
b, c Grundrohre
d Wasserkammern
e Rost
f Überhitzer
g zweiter Speisewasservorwärmer
h Luftvorwärmer
i Blasrohr
k Schornstein
l Speisepumpe
m erster Speisewasservorwärmer
n Wasserkasten
o Dampfmaschine

lichen Grundrohren, was im Verein mit den seitlichen senkrechten Wasserrohren an den Aufbau der Brotan-Feuerbüchse erinnert. Vorn und hinten ist der Kessel durch ebene Wasserkammern mit Durchgangsöffnungen für die Heizgase abgeschlossen; in der Mitte des Kessels befindet sich noch eine dritte Wasserkammer, welche die eigentliche Feuerbüchse von dem Raume trennt, in dem Überhitzer und Wasservorwärmer untergebracht sind. Das Speisewasser wird in der üblichen Weise durch Abdampf, die Verbrennungsluft durch die Abgase vorgewärmt.

Im Januar 1928 haben auf den Schweizerischen Bundesbahnen Vergleichsfahrten dieser Lokomotive mit der 1 C-h 2-Lokomotive mit Tender dieser Bahn stattgefunden, wobei in bezug auf die Leistung am Zughaken eine Kohlenersparnis von 35 bis 40 vH, eine Wasserersparnis von 47 bis 55 vH festgestellt worden ist. Die Ersparnis am Zughaken ist auch auf das geringere Gewicht der Hochdrucklokomotive von nur 75 t gegenüber 90 t der Vergleichslokomotive mit Tender zurückzuführen. Der Fortfall des Kondensators und Wasserrückkühlers ist ein großer Vorteil.

Von großer Bedeutung ist noch die Frage, wie der Kessel vom Kesselstein frei gehalten werden kann. Immerhin läßt das Fehlen gebogener Rohre gründliches Auswaschen als möglich erscheinen. [M 1602] F. M.

Abb. 8
Schema der Sinteranlage der Chateaugay Ore & Iron Co.

Eisenhüttenwesen

Kontinuierliche Sinteranlage bei der Chateaugay Ore & Iron Co.

Die größte bisher gebaute Sinteranlage mit Dauerbetrieb dient bei der Chateaugay Co. zum Sintern von magnetischen Konzentraten mit ungefähr 62½ vH Eisengehalt. Das ankommende Erz wird in einen Vorratbehälter, der oberhalb der Sinteranlage gelegen ist, gefördert, Abb. 8. Dicht daneben befindet sich ein weiterer Behälter für Anthrazitgrus. Von beiden Behältern geht der Inhalt über Förderbänder zu einer Mischtrommel, in der das Erz mit ungefähr 6½ vH Kohle gemischt wird. Von hier gelangt die Mischung mittels eines Förderbandes zur Sintermaschine. Die Maschine hat eine 1,83 m breite und 19,3 m lange Saugzone und besteht aus 84 Rostträgerschalen mit je sechs Rosten; diese laufen auf Rädern, die mit Rollenlagern ausgerüstet sind. Die ganze Maschine bildet ein endloses Band; die Schalen liegen so dicht zusammen, daß sie eine einzige Fläche bilden, so daß das Gut nicht hindurchfallen kann. Die Leistung der Maschine beträgt 50 t/h gesintertes Gut, die mittlere Geschwindigkeit 2,28 m/min.

Nachdem das Gut mittels einer Schwingrinne gleichmäßig über den Rost verteilt ist, geht es zunächst durch den Entzündungsofen, der mit Öl geheizt wird. Der Ölverbrauch beträgt ungefähr 1,8 l auf 1 t Sinter. Die Verbrennungsluft wird durch einen Turbokompressor erzeugt. Die Verbrennungsgase gehen durch gußeiserne Röhren zu einem primären Staubsammler, worin sich die groben Teilchen absetzen und sich dann in einem Trichter sammeln. Aus dem Trichter gelangen die groben Teilchen auf einem Fördergurt zu einem Becherwerk und fallen durch ein Sieb wieder auf die Sintermaschine. Die Gase gehen weiter zu einer Fliehkraftschleuder, worin die feinen Teilchen nochmals abgeschieden werden. Die gereinigten Gase gehen in einen Schornstein.

Der fertige Sinter fällt am Ende der Maschine beim Rücklauf der Rostfläche auf ein Sieb, durch das das feine Gut hindurchfällt, während das grobe unmittelbar in Wagen verladen wird, um zum Hochofen zu gehen. Das ausgesiebte Gut fällt in einen Vorratbehälter, wird aus diesem abgezogen, in einer Trommel gekühlt und angefeuchtet und geht über ein Förderband zur Sinteranlage zurück. Die Abgase und der sich entwickelnde Dampf werden abgefangen und einem Schornstein zugeführt. („The Iron Age" Bd. 121 (1928) S. 466. [M 1434] H. Ill.

Die in England angewandten Verfahren zum Reinigen von Hochofengas

Gasreinigungsanlagen kann man in zwei Hauptklassen einteilen, in Trocken- und Naßreinigungen; die Trockenreinigungen kann man in solche Anlagen unterteilen, bei denen man das Gas filtert oder den Staub elektrisch ausscheidet.

Unter den Trockenreinigern verwendet man viel die Filteranlagen nach Halberg-Beth und die Drahtgeflecht-Reinigungsanlagen nach Kling-Weidlein, während die Lodge-Cottrell-Reinigung die einzige elektrische Bauart ist, die man bisher in England verwendet. Die Naßgasreinigungsanlagen bestehen häufig aus einer Mischung verschiedener Konstruktionen, bezwecken aber hauptsächlich das Herstellen einer innigen Mischung zwischen einem feinen Wassernebel und dem Gas durch Zerstäubung in Türmen oder in Desintegratoren der Theisen-Bauart oder auch in der Verbindung beider Bauarten. Man kann auch das Gas warm reinigen und somit die fühlbare Wärme erhalten oder das Gas vor der Reinigung kühlen. Die elektrische und die Kling-Weidlein-Reinigung sind Beispiele der warmen Reinigung. Der Vorteil, die fühlbare Wärme zu erhalten, ist nicht groß, da die Gase bei hohen Temperaturen eine große Menge Wasserdampf enthalten, der die Verbrennung verzögert. Durch Kühlung der Gase unter den Taupunkt wird das Wasser bis zu einer bestimmten Menge entfernt; der Verlust an fühlbarer Wärme wird teilweise durch Gewinn eines trockenen Gases für die Verbrennung ausgeglichen.

Die Ergebnisse der verschiedenen Reinigungsanlagen miteinander zu vergleichen, ist schwierig, da nur wenige Anlagen so konstruiert sind, daß die höchste Reinheit erreicht wird. Die Menge, die Güte und die Feinheit des Staubes sind hierauf von großem Einfluß. Da die groben

Zahlentafel 1. Zusammenstellung verschiedener Hochofengas-

Anlage Nr.	Art der Anlage	Angenäherte Anlagekosten bei heutigen Preisen, bezogen auf Leistung RM/100 000 m³	Leistung der Anlage m³/h	Stündlich gereinigtes Gas bei normaler Temperatur und Druck m³/h	Durchschnittlicher Staubgehalt im Rohgas g/m³	Durchschnittlicher Staubgehalt im gereinigten Gas g/m³	Elektr. Kraftverbrauch, bezogen auf die Gasmenge kW/100 m³	Wasserverbrauch m³/100 m³
I	Zerstäubungsturm, Jenkin-Lüfter und Theisen-Wäscher	Nicht bekannt	17 000	17 000	4 bis 5	0,02	0,97	480,8
II	Zschocke-Turm, Zschocke-Lüfter oder Theisen-Desintegrator	„	22 650	35 575	4 bis 5	0,28 mit Lüfter 0,02 mit Desintegrator	0,28 0,46	184,5 216,3
III	Gaswascher und Theisen-Desintegrator	„	über 141 500	über 141 500	2 bis 3	0,01 bis 0,04	0,77	86,5 umlaufend 9,6 Zusatzwasser
IV	Brassert-Turm und Theisen-Desintegrator	500 000	70 850	etwas über 56 600	6	0,15 „ 0,20	0,52	880,0
V	Brassert-Turm und Zerstäuber	360 000	141 500	77 835	5 bis 6	0,40 „ 0,50	0,10	465 bis 590 umlaufend 24 bis 32 Zusatzwasser
VI	Lodge-Cottrell (Röhren-Bauart)	1 080 000	56 600	84 900	5 bis 6	0,40 „ 0,60	0,046	—
VII	Lodge-Cottrell (Plattenbauart)	72 000	56 600	56 600	5	0,40	0,088	—
VIII	Lodge-Cottrell (Plattenbauart)	64 800	169 900	91 975	4 bis 6	0,30	0,08	—
IX	Halberg-Beth	82 800	56 600	56 600	3 bis 4	0,025 0,004 für Gasmaschinen	0,28	—
X	Halberg-Beth	—	134 430	50 950	5	0,1 bis 0,2	0,39	—
XI	Kling-Weidlein	—	99 000	99 000	6	2 „ 3	—	—
XII	Kling-Weidlein	43 200	99 000	90 560	7	2	0,01	—

Bestandteile sicherlich leichter entfernt werden können als die außerordentlich feinen, und der Staubgehalt bei demselben Hochofen sehr schwankt, lassen sich nicht alle Ergebnisse verallgemeinern.

Beim Vergleich der verschiedenen Reinigungsanlagen ist der Staubgehalt der gereinigten Gase die geeignetste Grundlage unter dem Vorbehalt, ob man die Reinigung als eine erstmalige oder als eine endgültige ansieht. Bei der Wahl einer passenden Reinigungsanlage sind einige Punkte außer dem endgültigen Staubgehalt des Gases zu berücksichtigen: Kraftbedarf, Wasserverbrauch, Beförderung des Staubes, und ob man aus dem Staub Preßlinge herstellen oder Kaliumsalze gewinnen kann.

Die von verschiedenen Hochofenanlagen in England erhaltenen Angaben sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt[1]). Die Ergebnisse der Anlage I kann man nicht zum Vergleich benutzen, weil diese Anlage nur eine geringe Menge Gas für Gasmaschinenzwecke reinigt. Dagegen muß man Anlage IX (Halberg-Beth) zum Vergleich heranziehen, obwohl nur ein kleiner Teil der Gase für Gasmaschinenzwecke gereinigt wird, die weiteren Reinigungskosten dieser Wäsche aber gering sind.

Die mit den Gasreinigungsanlagen nach Kling-Weidlein erhaltenen Ergebnisse zeigen, daß mit dieser Einrichtung nicht einmal ein genügend reines Gas für Winderhitzer und Kesselfeuerung erreicht werden kann und nur in Verbindung mit einer weiteren Reinigung zu gebrauchen ist. Daher sind auch keine Betriebskosten angegeben. Nach Zahlentafel 1 erreicht man gute Ergebnisse mit Halberg-Beth-Anlagen und mit solchen, die aus Zerstäubungsturm und Theisen-Desintegratoren zusammengesetzt sind. Das in Zerstäubungstürmen und das elektrisch gereinigte Gas enthält nur 0,4 bis 0,5 g/m³ Staub.

Die elektrische Reinigungsanlage mit Röhren hat den geringsten Kraftverbrauch; sie ist aber um 50 vH überlastet. Wenn sie für die richtige Gasmenge benutzt würde, würde sich der Staubgehalt entsprechend verringern. Die Anlage mit Zerstäubungsturm und Desintegrator ist in bezug auf Kraftbedarf die teuerste.

Die Löhne lassen sich kaum vergleichen. Sie hängen beträchtlich von der durchgehenden Gasmenge ab, da, vorausgesetzt, daß sich keine weitere Anlage zur weiteren Reinigung in Betrieb befindet, dieselben Arbeiter die Anlage für größere Gasmengen bedienen können. Daher hat man den Lohn unabhängig von der gereinigten Gasmenge angegeben. Man muß daher die Werte mit den Angaben über die Löhne für die Reinigung von 100 m³ Gas vergleichen. Am teuersten sind die Halberg-Beth-Anlagen.

Die Kosten für Ausbesserungen, Vorräte und Ersatz hängen zum großen Teil von der Betriebsdauer der Anlage ab, so daß die Angaben kaum als Vergleichswerte dienen können. Die Anlagen III, IV und V sind erst kürzlich in Betrieb gekommen, so daß keine Angaben vorlagen. Die teuersten Anlagen scheinen die Halberg-Beth-Reinigungen zu sein, besonders wenn das Gas sehr gut gereinigt werden soll (Anlage IX), weil dann der Ersatz an Filtersäcken sehr hoch ist. Die Betriebskosten sind auf der Grundlage eines Strompreises von 4,2 ₰/kWh berechnet und die Gesamtkosten für Strom, Löhne, Ausbesserungen und Ersatz einbezogen.

Aus den Angaben scheint hervorzugehen, daß die elektrische Reinigung am günstigsten dasteht. Die Brassert-Türme und die Zerstäubungsanlage zeigen allerdings die niedrigsten Kosten, aber da die Bedienungsmannschaft zugleich andre Arbeiten ausführt, sind hierfür keine Löhne verrechnet. [N 1639]

Amberg H. Illies

[1]) The Iron and Coal Trades Review Bd. 116 (1928) S. 646.

Das neue Röhrenschweißwerk der Bethlehem Steel Co.

In dem neuen Röhrenschweißwerk der Bethlehem Steel Co. stellt man stumpf und überlappt geschweißte Rohre von 3,2 bis 406 mm äußerem Durchmesser her. Die Stahlblöcke für die Rohrstreifen gehen durch die Tieföfen, das Blockwalzwerk und das ununterbrochen arbeitende Streifenwalzwerk, wo sie zu Röhrenstreifen gewalzt und auf Wagen zum Schweißwerk gebracht werden.

Fünf Hallen liegen nebeneinander und je eine Halle an den beiden Kopfenden, die die ganze Breite der fünf Hallenbreiten einnimmt. In den fünf Hallen sind zwei Schweißwerke für stumpf geschweißte Rohre, zwei Schweißwerke für überlappt geschweißte Rohre, die Verzinkerei, das Maschinenhaus und die Gewindeschneiderei untergebracht. Die eine Halle an einem Kopfende ist das Streifenlager und die andere die Verladehalle. Der Rohstreifen geht vom Lager bis zum Versand in fortlaufender Richtung die einzelnen Herstellverfahren durch.

Die Gaserzeuger arbeiten praktisch selbsttätig. Ein Arbeiter bedient sieben Gaserzeuger, von denen jeder 1550 bis 1600 kg/h Kohle vergast. Das Gas, das die Gaserzeuger mit einer Temperatur von 650 bis 750 ° C verläßt, strömt durch eine ausgemauerte hochliegende Rohrleitung, in der in Abständen von 15 m je ein Staubfänger angebracht ist, zu den Wärmöfen.

Von dem Streifenlager bringt man die Streifen mittels Kranes zu den Scheren, in denen die Enden abgeschnitten und zusammengebogen werden, so daß der Streifen leicht in den Trichtermund des Zieheisens eintritt. Die Streifen setzt man mittels magnetischer Einsetzvorrichtungen in den Wärmofen mit 2,75 m breitem Herd ein, bringt sie auf Schweißhitze, zieht sie mittels Zange und Kette auf der Ziehbank durch das Zieheisen in einem einzigen Arbeitsgange zu einem Rohr mit etwas größerem Durchmesser als verlangt und

Reinigungsanlagen

Löhne	Ausbesserung und Vorräte	Unmittelbare Löhne	Betriebskosten	Bemerkungen
₰/100 m³	₰//100 m³	RM/h	₰/100 m³	
1,19	0,31	—	—	—
0,72	0,12	2,55	2,00 mit Zschocke; 2,74 mit Theisen	—
0,17	—	2,49	3,36	Neue Anlage
0,70	—	3,98	2,90	Neue Anlage
—	—	—	0,38	Neue Anlage, nur die halbe Anlage in Betrieb.
0,54	0,067	4,50	0,79	—
0,41	0,073	2,32	0,85	—
0,18	—	1,86	0,53	Von 6 Elektromotoren sind 4 in Betrieb
0,84	0,35	4,68	1,93	—
0,94	0,10	4,95	2,64	Nur die halbe Anlage in Betrieb
—	—	—	—	—
0,12	0,044	—	—	—

schweißt sie. Wenn die Zangen gelöst sind, geht das Rohr zu den ersten Kalibrierrollen, dann zu einem kurzen Kühlbett, von da zu den zweiten Kalibrierrollen, die das Rohr auf richtigen Außendurchmesser bringen, und dann auf das Kühlbett, wo durch zwei versetzt aufgestellte schnellaufende Sägen erst das eine und dann das andere Ende auf Länge gesägt wird. Die selbsttätigen Richtmaschinen richten die Rohre so gerade, daß sie ohne weiteres Nachrichten verkaufsfähig sind. Dann folgen noch: Untersuchung auf etwaige Fehler, Wasserdruckprüfung bei etwa 50 at, Gewindeschneiden, Aufsetzen der Verbindungsmuffe, Ölen und Bündeln.

In der Verzinkerei hat man zwei schwefelsaure Gefäße, ein Spülgefäß, ein Salzsäuregefäß, eine Ausziehvorrichtung, Trockenplatten, die mit Abgas beheizt werden, eine Verzinkungswanne, eine geneigt liegende Ziehbank, Kühlbett usw. aufgestellt.

Von den beiden Schweißwerken für überlappt geschweißte Rohre liefert das eine Rohre von 50 bis 200 mm und das andre solche von 150 bis 405 mm.

Die gewogenen Röhrenstreifen werden vom Lager mittels Kranes zum Wärmofen gebracht, dort an eine elektrisch betätigte Einsetzvorrichtung abgegeben und in den Ofen eingesetzt, der die Streifen nur zum Abschrägen der Längskanten und zum Biegen wärmt. Dann schrägt man die Kanten ab und biegt die Rohre in einer Ziehbank zusammen. Der zusammengebogene Rohrstreifen kommt nun in einen Schweißofen, wird auf Schweißhitze gebracht und dann auf einer durch einen 400 PS-Motor angetriebenen Schweißmaschine geschweißt. Nach dem Schweißen führt man das Rohr, wie bei den stumpf geschweißten Rohren, durch die Kalibrierwalzen und dann in die Richtmaschine mit kreuzweis übereinander laufenden Rollen, die das Rohr selbsttätig gerade richtet. [N 1638]

(„The Iron Age" Bd. 121 (1928) S. 1084.) Ste.

Werkstoffe

Ermüdung und andere Eigenschaften von Schienenstahl

Der Hauptzweck der Arbeit von J. R. Freeman jr., R. L. Dowdell und W. J. Berry ist wohl der, in einem ausgedehnten Versuchsprogramm festzustellen, ob sich auch bei Schienenstahl die Mehrkosten des Gusses mit verlorenem Kopf (man verwendete Gathmann-Kokillen) gegenüber dem bisher in Amerika allgemein geübten gewöhnlichen (Standard-) Guß durch erhöhte Schienengüte bezahlt machen[1]). Die 20 Versuchsschmelzen wurden teils bei der Algoma Steel Co., teils bei der Carnegie Steel Co. in basischen Siemens-Martin-Öfen von 60 und 100 t Fassung mit immer etwa gleicher Schmelzpraxis durchgeführt; nur wurde bei einigen Schmelzen die in der Pfanne erfolgende Desoxydation durch Ferrosilizium noch durch Zugabe von Aluminium ergänzt. Von jeder Schmelze wurden Blöcke in beiden Formen gegossen.

Bei der Fallprüfung wurde eine gewöhnliche und eine Schmelze mit kleinem verlorenen Kopf wegen offenbar entstandenen Lunkers verworfen. Bei zwei andern Schmelzen aus gewöhnlichem Guß brach die erste Schiene des ersten Blocks infolge Seigerung, die zweite Schiene war gut. Die Messung der Dehnung und der Durchbiegung ergab keinen wesentlichen Unterschied der beiden Gießarten. Eine besondere Kerb-Scher-Prüfung zeigte deutlich, daß bei richtiger Bemessung des verlorenen Kopfes (17 vH der Blockhöhe) der Ausschuß infolge Lunker und Seigerung erheblich geringer war als bei zu kleinem oder ohne verlorenen Kopf. An einigen in der Achse gespaltenen Blöcken wurde die Seigerung der Legierungselemente verfolgt. In Übereinstimmung mit früheren Erfahrungen zeigte sich auch bei dieser Art von verlorenem Kopf, daß sich der Lunker vollständig auf den verlorenen Kopf beschränkt, während er bei den Blöcken aus gewöhnlichem Guß bis tief unter die Hälfte des Blockes reichte, und daß auch die (besonders Kohlenstoff-) Seigerung unter dem Lunker bei Anwendung des verlorenen Kopfes geringer war als ohne diesen

Die weiteren Untersuchungen wurden beim Bureau of Standards durchgeführt, und zwar an Abschnitten von dem Kopfende der Schienen aus dem mittleren Block jeder Schmelze. Die Festigkeitseigenschaften (Längs- und Querproben) schwanken sehr erheblich. Über ihre Abhängigkeit von der Walznummer der Schienen eines Blockes läßt sich wegen der vielen Lücken der Zusammenstellung kein Urteil bilden. Die Mittel der angegebenen Werte bestätigen die bekannte Tatsache, daß die Schienen nach dem Blockfuß zu weicher werden. Die ersten Schienen (Blockkopf) der Blöcke aus gewöhnlichem Guß zeigen bemerkenswert kleine Werte für Dehnung und Querschnittsverminderung, die ganz aus dem Rahmen herausfallen, während die ersten Schienen der Gathmann-Blöcke völlig hineinpassen. Häufigkeitskurven werden nur für Festigkeit und Streckgrenze gebracht. Danach ist die Treffsicherheit für die Schienen aus gewöhnlichem Guß gleich der der Gathmann-Schienen, während der Häufigkeitshöchstwert der Festigkeit bei den Schienen aus gewöhnlichem Guß um 3,5 kg/mm^2 tiefer liegt, nämlich bei 84,5 kg/mm^2. Die Streckgrenze liegt bei etwa 42 kg/mm^2, die Dehnung beträgt etwa 12 vH, die Querschnittsabnahme 17 vH. Die Werte der Querproben lassen sich mit denen der Längsproben gar nicht vergleichen, da die Querproben ganz ungewöhnliche Maße hatten.

Die Kerbzähigkeit im Steg ist bei den gewöhnlichen Schienen kleiner, im Schienenkopf dagegen ebenso groß wie bei den Gathmann-Schienen. Die Rockwell B-Härte wurde an den Schienenquerschnitten an 20 verschiedenen Stellen gemessen. Ein Unterschied zwischen den beiden Gießarten ist im ganzen nicht feststellbar; nur im Schienenfuß schwanken die Werte bei den gewöhnlichen Schienen vielleicht etwas stärker als bei den Gathmann-Schienen.

Zur Feststellung der Kohlenstoffseigerung wurden Späne aus dem oberen Schienenkopf und aus der Ansatzstelle des Steges am Kopf entnommen. Dabei zeigen fast alle Schienen aus gewöhnlichem Guß am Stegansatz höhere Kohlenstoffgehalte, während von den Gathmann-Schienen die Hälfte die umgekehrte Seigerung haben. Im ganzen ist die Seigerung bei den gewöhnlichen Schienen etwas stärker. Die Schlackenbestimmung wurde nach dem Jodverfahren von Eggertz-Blair ausgeführt, die völlig unrichtige Werte ergibt. Die erhaltenen unwahrscheinlich hohen Schlackengehalte lassen auch wegen ihres starken unregelmäßigen Streuens keinerlei Schlüsse zu, ebensowenig die Dichtebestimmungen.

Die — allerdings sehr schlecht wiedergegebenen — Tiefätzungen zeigen selbst bei den Schienen aus dem Kopfstück der Gathmann-Blöcke geringere Seigerung als bei den gewöhnlichen Schienen. Die von den Verfassern aus der mikroskopischen Untersuchung auf Einschlüsse gezogenen Schlüsse, insbesondere auf die Anwesenheit von Tonerde, sind mit äußerster Vorsicht aufzunehmen.

Im ganzen folgern die Verfasser aus den Untersuchungen, daß das Gießen mit verlorenem Kopf den Schienen größere Gleichmäßigkeit gibt als der gewöhnliche Guß. Die spätere Untersuchung der bei Gelegenheit dieser Arbeit gewalzten und an verschiedenen Stellen der amerikanischen Eisenbahnen verlegten Schienen nach dem Ausbau wird zeigen, ob die Gathmann-Schienen sich auch im Gebrauch besser bewähren und damit die erhöhten Herstellkosten rechtfertigen. Über das Ergebnis von Verschleißprüfungen aus dem Schienenkopf wird noch besonders berichtet werden.

Am wichtigsten an der Arbeit sind die Ermüdungsuntersuchungen, zumal sich später nach dem Ausbau der verlegten Schienen ein Vergleich mit der praktischen Be-

[1]) Bur. of Stand. Techn. Papers Nr. 363.

währung der Schienen und ein Schluß auf die Veränderung der Ermüdungseigenschaften durch den Gebrauch ermöglichen lassen wird.

Zur Untersuchung wurde eine Dauerbiegemaschine nach H. F. Moore benutzt; die Proben wurden in der Walzrichtung entnommen, und zwar aus dem Kopf jedes Schienenabschnittes sechs Proben nebeneinander, so daß von den meisten Schienen zwölf Proben zur Verfügung standen. Von diesen wurden jedesmal mehrere bis zum Bruch, die andern bis 25 Millionen Umdrehungen geschlagen; so wurden möglichst die vollständigen Ermüdungskurven festgelegt.

Die Schienen aus gewöhnlichem Guß ergaben eine Ermüdungsgrenze von 32,5 bis 38,0 kg/mm², die Gathmann-Schienen von 33,5 bis 41,5 kg/mm². Bei diesen liegt also die Ermüdungsgrenze höher, streut aber stärker. Das Verhältnis Ermüdungsgrenze zu Zugfestigkeit schwankt zwischen 0,35 und 0,46.

An einer Schiene, von der ein besonders langes Stück zur Verfügung stand, wurde die Abhängigkeit der Ermüdungsgrenze von der Lage im Schienenquerschnitt untersucht. Die höchsten Werte ergibt der Steg, die niedrigsten der Schienenkopf, die Werte für den Stegansatz am Kopf liegen auffallenderweise dazwischen.

Die nicht zu Bruch gegangenen Proben wurden bei erhöhter Belastung weitergeschlagen. Durch möglichst langsame Steigerung der Belastung konnte die Ermüdungsgrenze um 7 kg/mm² erhöht werden. Eine viermonatige Lagerung scheint dabei keinen Einfluß auszuüben. Die Verfasser wollen diese Verfestigung durch dynamische Beanspruchung oberhalb der Ermüdungsgrenze, neben der Entfestigung durch Beanspruchung unterhalb der Ermüdungsgrenze, dazu benutzen, um bei Schienen, die im Gebrauch gebrochen sind und deren Ermüdungsfestigkeit vor dem Verlegen bekannt war, durch erneute Bestimmung der Ermüdungsgrenze die Ursache eines etwaigen Querrisses auf Überbelastung oder auf Werkstoffehler zurückzuführen. Die zahlreichen deutschen Arbeiten zu diesen Fragen werden nicht erwähnt.

Dortmund [N 1719] Dr. F. Meißner

Kleine Mitteilungen

Freistrahlturbinen von 56 000 PS Nennleistung

Zwei bemerkenswert große Freistrahlturbinen werden zur Zeit im Werk Big Creek 2 A der Southern California Edison Co., Los Angeles, aufgestellt. Jede Turbine leistet bis zu 60 000 PS bei 701 m Gefäll und 250 U/min. Die 10,7 m lange Welle mit 1016 mm Dmr. in der Mitte läuft in zwei einstellbaren Weißmetallagern von je 813 mm Bohrung und 2134 mm Länge. Der Stromerzeuger liegt zwischen den Lagern, die beiden Turbinenlaufräder sind fliegend angeordnet und werden je mittels einer Düse beaufschlagt.

Jeder Strahl hat 216 mm Dmr. und 114 m/s Wassergeschwindigkeit. Die Düsenrohre bilden mit 863 mm Dmr. die geradlinige Fortsetzung der Rohrleitungen, wodurch Krümmerverluste vermieden werden. Zur Kennzeichnung der Größe sei erwähnt, daß die Welle 45,4 t, der Läufer 181,5 t und je ein Turbinenlaufrad 22,7 t wiegt. („Power" 19. Juni 1928 S. 1079) [N 1786 a] Ls.

Ein neuer Strahlungskessel

Im Kraftwerk Västeras der staatlichen Wasserfallverwaltung befand sich bereits seit März 1927 ein nach ganz neuartigen Gesichtspunkten erbauter Versuchskessel mit 20 at Betriebsdruck und 220 m² reiner Strahlungsheizfläche für Ölfeuerung im Betrieb, über den von dem Erbauer selbst, Dir. Forssblad, bereits früher berichtet wurde[1]). Inzwischen ist im April 1928 ein zweiter Kessel von etwa gleicher Bauart und Größe in Betrieb genommen worden, der aber für Kohlenstaubfeuerung eingerichtet ist.

Da man auf Grund der mit dem ersten Kessel gemachten Betriebserfahrungen einige kleine Änderungen an der Konstruktion vorgenommen hat (u. a. wurde ein Ekonomiser eingebaut, der bei dem Kessel mit Ölfeuerung fehlte), so gelang es, Wirkungsgrad und Heizflächenleistung noch wesentlich zu verbessern. Die Bauart der beiden Kessel ist sehr einfach: Rings um den Feuerraum sind senkrechte Siederohre eingebaut, die unten in einem Wassersammler, oben in einer Wasserkammer enden, die mit der darüberliegenden Dampftrommel in Verbindung steht. Der Wasserumlauf ist durch ein weites, in der Mitte der Brennkammer angeordnetes und durch feuerfestes Mauerwerk und Isolierung geschütztes Fallrohr gesichert. Bemerkenswert sind noch die außerordentlich hohe Luftvorwärmung, die bei dem Kessel mit Ölfeuerung fast 600 ° beträgt, sowie die erstaunlich große Heizflächenbelastung von 180 kg/m²h beim Kessel mit Ölfeuerung und von 200 kg/m²h beim Kessel mit Staubfeuerung.

Da die Anlagekosten für den Strahlungskessel sehr gering sind (die Gesamtkosten betrugen nur etwa 50 vH der Kosten für einen gewöhnlichen 20 at-Steilrohrkessel), so eignet er sich besonders als Spitzenkessel, zumal da er binnen 20 min vom kalten Zustand auf Betriebsdruck gebracht werden kann. („Power" 12. Juni 1928 S. 1054) [N 1786 b] Pt.

Dampftriebwagen

Ein von der englischen Firma Clayton Wagons Ltd., Lincoln, für die London and North Eastern Railway gebauter Dampftriebwagen hat seine Probefahrt gemacht. Bei dieser Fahrt wurde eine Geschwindigkeit von rd. 70 km/h erreicht. Das Fahrzeug hat zwei Fahrgestelle, von denen das eine die Dampfkraftanlage trägt; der Drehzapfenabstand dieser Fahrgestelle beträgt 12 950 mm, ihr Radstand 2130 mm. Der Kessel hat 6,5 m² Heizfläche, die Rostfläche beträgt 0,395 m². Bei einer Dampfüberhitzung um 38 ° C über die Sättigungstemperatur hinaus und 19,3 at Betriebsdruck wurde auf der Probefahrt eine sehr regelmäßige Dampferzeugung beobachtet; der Heizer hatte wenig Arbeit mit der Feuerführung. Die Dampfmaschine hat zwei doppeltwirkende Zylinder von 178 mm Dmr. und 254 mm Hub und wirkt auf die Treibachse über ein Vorgelege in einem Übersetzungsverhältnis von 5 : 4. Führerstand und Betätigungsorgane sind doppelt, d. h. an jedem Ende des Wagens angeordnet. Die Steuerungs- und Bremshebel sind abnehmbar ausgeführt, so daß man eine gleichzeitige Betätigung an beiden Wagenenden verhindern kann.

Der Fahrbereich beträgt etwa 160 km. Alle Sitze sind in derselben Richtung angeordnet und bieten 44 Fahrgästen Sitzgelegenheit, gegenüber einem Fassungsvermögen von 60 Fahrgästen, das sich bei einer Anordnung mit einander gegenüberliegenden Sitzen ergeben würde. („The Engineer" 29. Juni 1928 S. 722*) [N 1786 c] Krs.

Gas-elektrische Triebwagen mit drei unabhängigen Maschinenanlagen

Die Internationale Motorgesellschaft, Plainfield, N. Y. hat für die Reading-Eisenbahngesellschaft gas-elektrische Triebwagen gebaut, die mit drei voneinander unabhängigen Maschinenanlagen eine große Betriebsicherheit gewährleisten. Jede Anlage besteht aus einer mit Benzin betriebenen Antriebmaschine mit sechs Viertaktzylindern, Stromerzeuger und Elektromotor. Zwei der Maschinensätze sind in Richtung der Wagenlängsachse, einer quer hierzu, alle drei U-förmig angeordnet, so daß der Maschinenraum wenig Platz beansprucht.

Bemerkenswertes bieten die Antriebmaschinen hinsichtlich der Anordnung der Ventile u. a., die Zylinder sind stehend angeordnet[2]), die Leistung beträgt 124 PS bei 1350 U/min. Die Stromerzeuger haben drei Erregungen, wovon eine im Betrieb dauernd, die beiden andern für die Nebenschlußschaltung oder die Anfahrt (Reihenschaltung) und Aufladen der Sammlerbatterie in Tätigkeit sind. Mit jedem Stromerzeuger ist ein Antriebmotor elektrisch verbunden; für die Regelung beider zur Anpassung an wechselnde Fahrgeschwindigkeit, Laden der Batterie, Anfahrt usw. ist eine durch verschiedene Einzelheiten bemerkenswerte elektrische Steuerung vorhanden, die in der Hauptsache selbsttätig ist und von beiden Enden des Triebwagens als auch vom Anhängewagen aus bedient werden kann.

Die Möglichkeit, die Leistung der Maschinensätze einzeln immer für die günstigste Belastung auszugleichen, ergibt einen hohen Gesamtwirkungsgrad des Triebwagens, wozu die schon erwähnte dauernde Betriebsbereitschaft kommt, da eine gleichzeitige Betriebstörung bei allen drei Anlagen kaum eintreten wird. Außer dem Gepäckraum bieten die Wagen Platz für 78 Fahrgäste. („Railway Age" 16. Juni 1928 S. 1395*) [N 1786 d] Ro.

Ausstellungshalle mit Eisenbetondach

In Glasgow wurde eine Ausstellungshalle vollendet, deren Gründungen, Tragsäulen und Dachgerüst in Eisenbeton ausgeführt sind. Die Halle ist 119 m breit und überdeckt eine Fläche von rd. 16 000 m². Das Dachgerüst besteht aus drei Bogen von je 33,5 m und einem Bogen von 18,3 m

[1]) Auf der 35. Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke am 25. Mai 1927 in Berlin. Vergl. „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 26 (1927) S. 381, ferner Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 8 (1927) S. 226.

[2]) Vergl. „Railway Age" 14. April 1928 S. 866.

Spannweite. Der Schub wird durch die die Kämpferpunkte verbindenden Binder aufgenommen. Diese selbst sind gegen den Bogen durch je vier Hängebalken abgestützt. Das gesamte Dach ruht im Innern auf nur 22 achteckigen Säulen von je 610 mm Dmr. Das Dachgewölbe ist so berechnet, daß alle Biegemomente vollständig vom Hauptbogen aufgenommen werden. Der Bogen hat im Kämpferpunkt einen Querschnitt von 406/812 mm und im Scheitel von 406/610 mm; die Binder haben 229/343 mm und die Hängebalken 153/229 mm Querschnitt.

Die Abmessungen der Verbindung von Bogen, Bindern und Säulen im Kämpferpunkt mußten sehr sorgfältig errechnet werden und beim Bau jede Abweichung von den genauen Maßen vermieden werden, damit keine unvorhergesehenen Beanspruchungen in der Säule auftreten. („Engineering News-Record“ 21. Juni 1928 S. 976*)
[N 1786 e] Schr.

Die Eisen- und Stahlindustrie Chinas

Die Eisenerzvorräte Chinas betragen nach einer Schätzung aus dem Jahre 1926 1300 Mill. t, die Kohlenvorräte 996 000 Mill. t. In der Hauptsache kommen Hämatiterze und Magneteisensteine mit 55 bis 65 vH Fe, 0,05 bis 0,1 P_2 und 0,02 bis 0,3 S vor. Gefördert wurden im Jahre 1912: 721 280 t, eingeführt 141 t, ausgeführt 203 165 t und 518 256 t im eigenen Lande verbraucht. Im Jahre 1925 wurden 1 519 000 t gefördert, eingeführt wurde nichts, ausgeführt wurden 815 913 t und 703 108 t wurden im eigenen Lande verbraucht. Von der Gesamtförderung werden ungefähr zwei Drittel aus neuzeitlich eingerichteten Erzgruben und ein Drittel aus Eingeborenengruben gefördert. Ein Drittel der neuzeitlich eingerichteten Erzgruben etwa steht unter japanischer Leitung. Eisen und Stahl wurde in China schon 700 Jahre v. Chr. hergestellt, neuzeitliche Hochöfen und Stahlwerke wurden aber erst vor 40 Jahren, als der Vizekönig Chang Chihtung die Eisenwerke in Hanyang errichtete, gebaut. Gegenwärtig sind 17 Hochöfen mit einer täglichen Leistung von 12 bis 450 t vorhanden, von denen jedoch nur zehn im Betrieb sind. Im Jahre 1925 wurden 369 617 t Roheisen erzeugt. Ferner sind neun Siemens-Martin-Öfen mit einer durchschnittlichen Leistungsfähigkeit von 50 t für einen Ofen vorhanden. Jedoch sind nur zwei Öfen im Betrieb; die jährliche tatsächliche Stahlerzeugung beträgt nur 30 000 t. An der Roheisenerzeugung ist Japan ebenfalls mit einem Drittel beteiligt. („The Far Eastern Review“ April 1928 S. 176) [N 1786 g] Ste.

BÜCHERSCHAU

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Von Karl Strecker. 10. Aufl. Schwachstromausgabe. Berlin 1928, Julius Springer. 1137 S. m. 1057 Abb. Preis 42 *RM.*

Bei der vorliegenden Auflage ist das Buch zum ersten Male in zwei Bände geteilt worden; der erste Band, im Jahre 1925 erschienen, behandelte die Starkstromtechnik, der zweite Band über die Schwachstromtechnik (Fernmeldetechnik) liegt jetzt vor. Diese Teilung des Inhaltes ist sehr zu begrüßen, da nun jeder Band für sich ein handliches Werk darstellt. Die Bemühungen des Herausgebers und seiner Mitarbeiter, das bekannte und bewährte Hilfsbuch der Entwicklung der Elektrotechnik anzupassen, hatte notwendigerweise zur Folge, daß der Inhalt so stark anwuchs. Zahlreiche Hinweise auf das Schrifttum erleichtern die Möglichkeit, die Auskünfte, die das Hilfsbuch gibt, noch zu erweitern. [E 1659] Pa.

Grundlagen der Wechselstromtheorie. Von P. B. Arthur Linker. Berlin 1928, Georg Stilke. 245 S. m. 131 Abb. Preis 18 *RM.*

Das Buch soll weite Kreise mit dem Wesen des Wechselstroms vertraut machen. Daher findet man auch den schwierigsten Stoff einfach dargestellt und die bisweilen schwer zu erfassenden Begriffe leicht faßlich erklärt. Linien- und Vektordiagramme veranschaulichen die Beziehungen der elektrischen und magnetischen Größen. Für den Phasenwinkel wird eine Richtung eingeführt, die vom Fahrstrahl der Stromstärke zu dem der Spannung gerechnet wird. Der Aufbau der Grundgesetze erstreckt sich auf ein- und mehrwellige und auf ein- und mehrphasige elektrische Schwingungen. Die Darstellungsweise ebener Vektoren und Wechselstromgrößen durch komplexe Zahlen wird erklärt und an Beispielen geübt. Das letzte Kapitel behandelt die schwingungsfähigen Stromkreise und die für die Hochspannungs- und Hochfrequenztechnik wichtigen Vorgänge auf den Übertragungsleitungen. Das Buch ist in erster Linie für das Studium und den Unterricht geschrieben, es wird aber auch als Nachschlagewerk dem Ingenieur willkommen sein, der sich mit den schwierigeren Aufgaben der Wechselstromtechnik beschäftigt. [E 1623] Zn.

Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik. Von P. Schimpke und Hans A. Horn.* 1. Bd. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 222 S. m. 229 Abb. Preis 12 *RM.*

Das erstmalig 1924 erschienene und in Fachkreisen mit Recht bestens aufgenommene Buch liegt nun in zweiter Auflage vor. In den zwischenliegenden vier Jahren hat die aufstrebende Schweiß- und Schneidtechnik so viel Neues gebracht und so weite Gebiete erobert, daß es gerechtfertigt und unvermeidbar erscheint, wenn der Umfang des vorliegenden Handbuches von 136 auf 222 Seiten gestiegen ist. Dafür bietet es auch, ausgestattet mit sehr vielen guten Abbildungen, Schnittzeichnungen und Schaulinien, und in leicht faßlicher Form geschrieben, einen dem derzeitigen Stand der Schweißtechnik gerecht werdenden Einblick in alle in Betracht kommenden Fragen und dürfte somit der engeren und weiteren Fachwelt sehr willkommen sein.
[E 1661] A. Hilpert

Das Einheitsstellwerk. Von Hentzen. Berlin-Schöneberg 1927, Arthur Tetzlaff. 398 S. m. Abb. Preis 25 *RM.*

Um die technischen und wirtschaftlichen Nachteile von etwa 15 verschiedenen mechanischen Stellwerkbauarten zu beseitigen, entschlossen sich im Jahre 1915 die damaligen preußisch-hessischen Staatsbahnen auf Grund langjähriger Erfahrungen, eine einheitliche Stellwerkform zu schaffen. Da der Verfasser s. Zt. an leitender Stellung die Vereinheitlichung durchgeführt hat, so ist er wie kein andrer berufen, sein Werk der Öffentlichkeit zu unterbreiten. Obschon in letzter Zeit die elektrischen Kraftstellwerke den mechanischen den Rang streitig zu machen versuchen, werden die mechanischen nicht so bald verschwinden. Eine bisher fehlende eingehende Beschreibung hat daher ihre Berechtigung. An der Hand guter Abbildungen und in flüssiger Schreibweise wird das Einheitsstellwerk in seinen Einzelheiten in sechs Abschnitten geschildert: Die Weichen, Gleissperren, Signale und das Hebelwerk selbst. Damit verbindet der Verfasser in jedem Falle die Gründe, die zur Einführung der einzelnen Bauarten geführt haben. Die Abnahme der Teile, ihre Unterhaltung, die Bedienung und Prüfung der Anlage werden gestreift.

Allerdings setzt der Verfasser beim Leser gewisse Vorkenntnisse in Bezug auf die Grundlagen des Eisenbahnsicherungswesens voraus, aber er will auch nur ein Nachschlagewerk für die schaffen, die mit dem Bau und der Unterhaltung der mechanischen Stellwerke zu tun haben. Diese Absicht ist dem Verfasser in glänzender Weise gelungen.
[E 1631] C. W.

Die Grundlagen des Flugzeugbaues. Von O. P. Fuchs. Berlin 1928, Adler-Verlag. 146 S. m. 77 Abb. Preis 9 *RM.*

Nach einer Einführung — Terminologie des Flugwesens — mit Skizzen der verschiedenen Flugzeugbauarten folgt ein Abschnitt: die Luft als Gas, worin für die Abnahme der Luftwichte mit zunehmender Höhe die barometrische (!) Höhenformel angegeben wird, sodann eine Ableitung der elementaren Luftwiderstandsgleichung, nicht etwa mit Grenzschicht- und Wirbelbetrachtungen, sondern mit einer Beschleunigungsberechnung, die für ideale Flüssigkeiten nicht die Widerstandsbeizahl null, sondern 4 ergäbe. Der vierte Abschnitt befaßt sich mit geometrischen und strömungstechnischen Feststellungen an Flügelschnitten. Dabei wird (auf S. 37) behauptet, daß Eiffels Auftriebs- und Widerstandsbeizahlen dimensionslos seien, und (S. 42) ferner, daß Endscheiben an Tragflügeln (Abb. 46 a auf S. 41) wesentliche Vorteile brächten.

Nach einem Kapitel über die Druckverteilung längs der Spannweite, in dem die elliptische Auftriebsverteilung als Knollersche Gleichung angeführt ist, und kurzen konstruktiven Rezepten folgen eine umfangreichere Darstellung flugzeugmechanischer Zusammenhänge und Berechnungsverfahren, dann im 2. Teil zahlreiche Lichtbilder von Flugzeugen, im letzten Teil endlich Richtlinien für den Vorentwurf und die Festigkeitsberechnung.

Die Zufälligkeit des zusammengetragenen Stoffes, die sich auch im Literaturverzeichnis widerspiegelt, scheint mir durch die Raumknappheit (vgl. S. 8) doch nicht hinreichend entschuldigt. [E 1617] Everling

Vierter Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß Kopenhagen, 20. bis 23. Juni 1927. Vierte Hauptversammlung des Vereins. Wien 1927, Sekretariat des Internationalen Straßenbahn- und Kleinbahnvereins. 497 S. m. 128 Abb. Preis 30 RM u. 2 RM Porto.

Das Buch enthält eine Zusammenstellung der auf dem Kongreß gehaltenen Vorträge und eine umfangreiche internationale Betriebstatistik elektrischer Bahnen für die Jahre 1924 bis 1926.

Die für alle Kreise des Verkehrswesens bedeutsamen Vorträge behandeln die Gleisunterhaltung, hier die Mittel und Wege zur Verringerung der Unterhaltungskosten, desgleichen die möglichen Ersparnisse beim Wagenpark und die neuen Wege im Wagenbau für Klein- und Straßenbahnen. Das heute wichtige Thema: Wettbewerb zwischen Eisenbahnen und Kraftfahrzeugen, nimmt einen ziemlich breiten Raum ein, kurz, alle brennenden Fragen des Verkehrs, um weitere zu nennen: erzielbare mittlere Reisegeschwindigkeiten, Transport- und Umladefragen, Störungen beim Rundfunkempfang durch Straßenbahnen u. a. m., sind berücksichtigt. Zahlreiche Abbildungen erläutern die Vorträge, und Bilder von landschaftlichen Sehenswürdigkeiten und Bauten des Tagungsortes stellen eine schmückende Beigabe des Buches dar. [E 1640] Ro.

Sammlung Vieweg 91. H.: **Die Bestimmung der Baustoffdämpfung nach dem Verdrehungsausschwingverfahren.** Von Ewald Pertz. Braunschweig 1928, Friedr. Vieweg & Sohn. 62 S. m. 42 Abb. Preis 3,60 RM.

Die Schrift behandelt die Entwicklung eines Verfahrens, die „Dämpfung" eines „Baustoffes" durch Beobachtung abklingender Schwingungsvorgänge zu ermitteln. Das Wort „Dämpfung" gebraucht der Verfasser synonym mit „Hysteresisarbeit" oder „Arbeit der inneren Reibung". Es ist die im Verlauf einer vollen Schwingung in je 1 cm^3 des Versuchskörpers in Wärme umgesetzte Arbeit. Die Möglichkeit, daß u. U. ein Teil der Schwingungsenergie z. B. auch in magnetische Energie umgesetzt werden kann, bleibt bei dieser Begriffsbestimmung außer Betracht.

Außerdem wird die verhältnismäßige Dämpfung eingeführt: Dämpfung geteilt durch die größte bei der Schwingung auftretende Formänderungsarbeit (von 1 cm^3 des Versuchskörpers) in vH. Demnach ist die verhältnismäßige Dämpfung, falls sie nicht in vH, sondern als echter Bruch geschrieben wird, das Doppelte des logarithmischen Dekrementes des Schwingungsvorganges, wenn die Schwingung harmonisch ist.

Unter „Baustoff" versteht der Verfasser das, was man sonst als „Werkstoff" bezeichnet.

Das Ziel der Arbeit ist die Mitteilung einer für das Ausschwingverfahren geeigneten Versuchseinrichtung und die Erörterung ihrer Fehlergrenzen. [E 1618] W. H.

Handbuch des Arbeiterschutzes und der Betriebssicherheit. Herausgeg. von Fr. Syrup. 3. Bd. Berlin 1928. Reimar Hobbing. 610 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 Bde. 80 RM.

Der vorliegende Schlußband des verdienstvollen Sammelwerkes behandelt die Verhältnisse in der Metall- und Maschinen-, elektrotechnischen, Musikinstrumenten-, chemischen, Nahrungs- und Genußmittel- und Holzindustrie, auf Werften, in Metallhütten, Gas- und Wasserwerken, im landwirtschaftlichen Maschinenbau und den Schutz der Bureau- und Handelsangestellten.

Die sachkundigen Bearbeiter der einzelnen Kapitel schildern nach oft eingehenden Darstellungen der Arbeitsverfahren die Maßnahmen zur Verminderung der Unfall- und Gesundheitsschädigungen und beschreiben zahlreiche mustergiltige Anlagen. Auch der Schutz der Nachbarn findet gebührende Beachtung. Die Ausführungen lassen erkennen, daß die deutsche Industrie auch auf diesen Gebieten vorbildlich wirkt.

Da der erfolgreiche Arbeiterschutz mit der Sicherung der Betriebe gegen unliebsame, oft recht empfindliche Störungen in engster Beziehung steht, so kann das Studium des inhaltreichen Werkes den Besitzern und Leitern industrieller Anlagen nur wärmstens empfohlen werden. Es enthält wertvolle Winke für die Verbesserung der schon bestehenden und für die Errichtung von neuen Betriebstätten. [E 1622] K. Hartmann

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 306. H.: **Über die Spannungsverteilung in Stangenköpfen.** Von Josef Mathar. Berlin 1928, VDI-Verlag. 23 S. m. 57 Abb. Preis 3,75 RM, für Mitglieder des V. d. I. 3,40 RM.

Starkstromtechnik. Herausgeg. von L. Graetz. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. 457 S. m. 475 Abb. Preis 38,60 RM.

Hochfrequenztechnik. Herausgeg. von L. Graetz. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. 127 S. m. 171 Abb. Preis 13 RM.

Hochfrequenzmeßtechnik. Von August Hund. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 526 S. m. 287 Abb. Preis 39 RM.

Elektrische Meßtechnik. Von Wilhelm Jaeger. 3. Aufl. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. 553 S. m. 556 Abb. Preis 43 RM.

Die Transformatoren. Theorie, Aufbau und Berechnung. Von Rudolf Wotruba und Adalbert Stifter. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 203 S. m. 102 Abb. Preis 11,50 RM.

Störungen an elektrischen Lichtanlagen und Maschinen. Von Friedrich Kuchenmeister. Leipzig 1928, Hachmeister & Thal. 88 S. m. 61 Abb. Preis 4 RM.

Elektrische Vollbahnlokomotiven. Von Karl Sachs. Berlin 1928, Julius Springer. 461 S. m. 448 Abb. Preis 84 RM.

Siemens-Jahrbuch 1928. Herausgeg. von Siemens & Halske, A.-G., und den Siemens-Schuckertwerken, A.-G. Berlin 1928, VDI-Verlag. 504 S. m. Abb. Preis 12 RM.

Sammlung Göschen, 995. Band: **Elektrizitätswirtschaft.** Von R. Fischer. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 148 S. m. 54 Abb. Preis 1,50 RM.

Die Abwärmetechnik. Von Hans Balcke. 2. Bd. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 198 S. m. 125 Abb. Preis 11,50 RM.

Vierte Berichtsfolge des Ausschusses für Braunkohlenstaub des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins. (Sonderdruck aus „Braunkohle" 1927 und 1928.) 66 S. m. Abb. Preis 5,80 RM.

An introduction to the metallurgy of **Iron and steel.** Von H. M. Boylston. London 1928, Chapman & Hall. 571 S. m. 426 Abb. Preis 25 sh.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. 5. Bd., 2. Lfg. Leipzig 1928, Joh. Ambrosius Barth. S. 473 bis 718 m. Abb. 232 bis 332. Preis 19,20 RM.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 21. JULI 1928 Nr. 29

Die Kartoffeltrocknung

Von Dipl.-Ing. Hans Grassmé, Berlin.

Die Kartoffeltrocknung im Speicher — Entwicklung der Trockenapparate — Aufbau der jetzigen Einrichtungen — Energieverbrauch und Wirtschaftlichkeit

Volkswirtschaftliche Bedeutung der Kartoffeltrocknung

Schon im Jahre 1806 schrieb der bekannte Landwirtschaftslehrer Albrecht Thaer, nachdem es einem Landwirt, dem Amtmann Albert in Beichlitz, gelungen war, erfrorene Kartoffeln auf einer Luftdarre zu trocknen: „Also wäre hierdurch die Schwierigkeit einer großen Kartoffelernte gehoben, die Sorge für ihre Aufbewahrung beseitigt"[1]).

Nun liegt ja für den Nichtlandwirt die Frage nahe, ob überhaupt eine zu große Kartoffelernte von Nachteil ist oder Schwierigkeiten verursachen könne und ob anderseits nicht durch Regelung der Anbaufläche nicht unterzubringende Kartoffelernten vermieden werden können. Hierzu ist aber folgendes zu bemerken: Zunächst ist der Ernteertrag auf 1 ha bei der Kartoffel, je nach der Witterung, außerordentlichen Schwankungen unterworfen, so daß also ein Anpassen der Anbaufläche an den Bedarf zur Vermeidung der Übererzeugung unmöglich ist, wenn nicht in schlechten Erntejahren Knappheit entstehen soll. Anderseits wachsen aber die Kartoffeln auf Bodenarten, die bei andrer Bebauung nicht genügenden Nutzen abwerfen würden, d. h. durch den Kartoffelanbau können noch Ackerflächen nutzbar gemacht werden, die sonst brach liegen würden, wenn durch Trocknung die überschüssigen Kartoffelmengen aufbewahrt werden können, was mit frischen Kartoffeln nur für beschränkte Zeit möglich ist. In dieser Beziehung kann man die Kartoffeltrocknereien als Speicher betrachten, der zu Zeiten des Überschusses freie Mengen in Form von frischen Kartoffeln aufnimmt und später, bei eintretendem Bedarf, als Trockenkartoffeln wieder abgibt.

Darüber hinaus aber bietet die Kartoffeltrocknung Gelegenheit, noch größere Kartoffelmengen zu Trockenkartoffeln zum Segen unsrer Volkswirtschaft zu verarbeiten. Wenn nur endlich in noch weiteren Kreisen als bisher der Wert der Trockenkartoffel erkannt würde! Die Trockenkartoffel kann man auf dreifache Weise verwenden: als Grundstoff für technische Gewerbe, als Futtermittel und als Nahrungsmittel. Es wäre möglich, die Leistungsfähigkeit unsrer deutschen Landwirtschaft bei ausreichender Verwendung von Trockenkartoffeln zu heben, und anderseits die Einfuhr von ausländischem Futter- und Brotgetreide zu unterbinden. So kann die Trockenkartoffel ausländischen Mais, Futtergerste und Kleie und zum Teil auch Hafer ersetzen.

Über die vielfachen, von namhaften Sachverständigen ausgeführten erfolgreichen Fütterungsversuche zu berichten, würde hier zu weit führen; nur soviel sei gesagt, daß bei Pferden, Schweinen, Jungvieh und Ochsen gute Erfolge erzielt wurden, teilweise sogar bei Zusatzfütterung von Trockenkartoffeln bessere Erfolge als bei bisher üblicher Fütterung[2]). So rechnete Parow im Jahre 1913 aus, daß etwa für weitere 300 Mill. Doppelzentner[3]) Kartoffeln Verwendung geschaffen werden kann, wenn man an Stelle des ausländischen Brotgetreides und von 2 kg Hafer auf ein Pferd, Trockenkartoffeln verwenden würde.

Entwicklung der technischen Einrichtungen

Als zu Beginn dieses Jahrhunderts der Gedanke der Kartoffeltrocknung durch eine besonders gute Ernte im Jahre 1901 neuen Anstoß erhielt, hat eine ganze Reihe von Firmen sich bemüht, brauchbare Einrichtungen zur Gewinnung von einwandfreien Trockenkartoffeln zu schaffen. Nach einigen Versuchen konnte man im Jahre 1903 sagen, daß es gelungen sei, brauchbare Großanlagen zu errichten, die als Futter verwendbare, haltbare Trokkenkartoffeln herstellen. Diese Einrichtungen benutzten als Mittel zur Wärmeübertragung Feuergase oder Dampf; jedoch waren die Konstruktionen, bei denen Feuergase selbst oder durch Feuergase erwärmte Luft verwendet wurden, in der Mehrzahl. Es wurden zwar auch einige Dampftrockner gebaut, bei denen Luft durch Rippenrohr-Heizkörper erwärmt und durch die Kartoffelschnitzel geblasen wurde; jedoch haben diese mittelbar arbeitenden Dampftrockner keine weitere Verbreitung in der Kartoffeltrocknungsindustrie gefunden.

Der Gedanke, der den damaligen Konstruktionen zugrunde lag, war der, die in kleine Schnitzel zerkleinerten Kartoffeln in umlaufenden Trommeln, Mulden oder Horden von heißen Feuergasen umspülen zu lassen und dadurch das Wasser aus den Kartoffelschnitzeln zu verdampfen. In die Praxis eingeführt haben sich dann später in der Hauptsache nur die Feuergas-Trommeltrockner, bei denen Feuergase und Kartoffelschnitzel im Gleich- oder Gegenstrom durch umlaufende Trommeln wanderten. Mittels Einbauten in diesen Trommeln wurden die Kartoffelschnitzel gelockert und durch die Trommeln bewegt. Verschiedene Anordnungen mehrerer Trommeln zum Vor- und Nachtrocknen und zum Abkühlen sollten das Trocknen wirtschaftlich machen und das Trockenerzeugnis verbessern. Von all diesen Ausführungen haben für die Kartoffeltrocknung nun aber die Eintrommeltrockner Bedeutung gewonnen. Durch verbesserte Trommeleinbauten konnte man zufriedenstellend trocknen.

Gleichzeitig mit der Entwicklung der Trommeltrockner wurden andre Verfahren ausgeprobt, die durch Pressen oder Schleudern eines Kartoffelbreies oder Kartoffelreibsels versuchten, den größten Teil des in der Kartoffel enthaltenen Fruchtwassers zu entfernen. Da aber mit diesem abgepreßten oder abgeschleuderten Wasser ein großer Teil der in der Kartoffel enthaltenen Nährstoffe, wie Zucker, Mineralsalze und Stärke verloren gingen, waren die nach diesen Verfahren erzielten Trockenkartoffeln weniger wertvoll. Oder aber die Verfahren zur Rückgewinnung dieser Nährstoffe aus dem Fruchtwasser waren so umständlich, daß sich aus diesen Gründen auch diese Einrichtungen nicht in die Praxis einführen konnten.

Einen Fortschritt brachten den Dampftrocknern erst die von der Firma H. Paucksch, A.-G., Landsberg a. W., auf den Markt gebrachten Walzentrockner. Die ersten Walzentrockner kamen ebenfalls 1903 auf den Markt; sie

[1]) Vergl. Parow, „Zehn Jahre Kartoffeltrocknung", Berlin 1913.
[2]) Vergl. Parow, „Kartoffeltrocknerei", II. Aufl. Berlin 1926.
[3]) Wir haben uns, entgegen unsern sonstigen Gepflogenheiten, entschlossen, die Gewichte der Kartoffeln und der Flocken in Zentnern (Ztr.) ausdrücken zu lassen, obschon dieses Verfahren in einer Ingenieurzeitschrift etwas rückständig anmuten mag.

Abb. 1 und 2
Kartoffelwaschmaschine Bauart Kletsch mit Kratzer und Becherwerk

a Schwemmrinne
b Kartoffelkratzer
c Kratzerbleche
d Kratzergrube
e Überlauf
f Abflußkanal
g Steinfang
h Vorwäsche
i Nachwäsche
k Hubschaufeln
l Rührwerk
m Schurre
n Becherwerk
o Wasserüberläufe
p Schlammwanne

Abb. 3
Schnitzelmaschine

a Einschütttrichter
b Messertrommel
c Messerkasten
d Rundmesser
e Schnitzelrinne
f Reinigungsbürste

haben aber bis zu ihrem heutigen Zustand viele Versuche und Verbesserungen über sich ergehen lassen müssen, bis es ihnen gelang, sich durchzusetzen. Heute werden sie vorwiegend zur Erzeugung von Kartoffelflocken verwendet, die nicht zuletzt wegen ihres guten Aussehens vom Handel bevorzugt wurden und dementsprechend höhere Preise erzielten. Bei der Kartoffelflockenerzeugung werden die gewaschenen Kartoffeln durch Dämpfen und Reiben in einen Brei verwandelt, der in dünner Schicht auf dampfbeheizte Walzen aufgetragen wird. Während bei den Trommeltrocknern das Wasser durch Berührung der Feuergase mit den Kartoffelschnitzeln entfernt wird, trocknet man bei den Walzentrocknern durch Auftragen des feuchten Kartoffelbreies auf geheizte Walzen. Abgesehen von dem Aussehen der Trockenerzeugnisse ist der Gehalt an Nährstoffen in den Schnitzeln und in den Flocken nicht wesentlich voneinander verschieden.

Die Bedingungen, die beim Trocknen der Kartoffeln vom chemischen Standpunkt aus erfüllt werden sollen, sind folgende:

a) das Erzeugnis soll nicht mehr als 15 vH Wasser enthalten;
b) beim Trocknungsvorgang sollen Nährstoffe nicht verloren gehen oder aber auf einfache Art zurückgewonnen werden können;
c) die in der Trockensubstanz enthaltenen Nährstoffe sollen eine leicht verdauliche Form haben.

Die Einrichtungen einer Kartoffelschnitzelfabrik

Die Kartoffeltrocknerei ist ein sogenannter Saisonbetrieb. Mit dem Beginn der Kartoffelernte fällt der Beginn des Trocknens (der „Kampagne") zusammen. Da nur einmal jährlich Kartoffeln geerntet werden, die Trocknereien sich aber für etwa 150 bis 200 Tage mit Kartoffeln eindecken müssen, sind zunächst große Lagerplätze zur Aufnahme der Rohkartoffeln erforderlich. Diese ausgedehnten Kartoffellager bedingen wieder lange Förderwege für die Kartoffeln zur eigentlichen Verarbeitungsstelle. Als zweckmäßigstes und billigstes Beförderungsmittel für die Rohkartoffeln haben sich nun die Schwemmanlagen erwiesen. Die meist zu ebener Erde oder im Kellergeschoß befindlichen Kartoffellager sind von gemauerten Kanälen, sogenannten Schwemmrinnen, durchzogen. Mittels eingebauter Absperrschieber können nun, je nach Bedarf, einzelne Kanäle bewässert werden. Die Kanäle erhalten zur Kartoffelwäsche etwas Gefälle. Indem die im Wasser schwimmenden Kartoffeln zur Kartoffelwäsche fließen, werden sie gleichzeitig gereinigt (Vorreinigung). Um nun zu verhindern, daß der in großen Mengen den Kartoffeln anhaftende Sand mit in die Apparate gelangt, da er deren zu schnellen Verschleiß verursachen würde, müssen die Kartoffeln gründlich gewaschen und mitgeführte Steine aussortiert werden. Bemerkt sei bei dieser Gelegenheit, daß der den Kartoffeln anhaftende Sand etwa 3 bis 5 vH des Gewichtes ausmacht, so daß also ganz erhebliche Mengen auszuscheiden sind.

Eine solche Kartoffelwäsche zeigen Abb. 1 und 2. Die durch die Schwemmrinne *a* angeschwemmten Kartoffeln fallen auf die Bahn des Kratzers *b* und werden von hier von den Blechen *c* nach oben in die Waschmaschine geschoben. Das schmutzige Schwemmwasser läuft hinter der Kratzergrube *d* über einen Überlauf *e* in den Abflußkanal *f*. Die Wäsche ist in drei Abteilungen *g*, *h* und *i* unterteilt. In der Abteilung *g* werden noch mitgenommene Steine ausgeschieden; die Abteilungen *h* und *i* sind als Vor- und Nachwäsche gestaltet; denn der grobe Schmutz wird in der Abteilung *h* abgeschieden, während in der Abteilung *i* der letzte Schmutz entfernt wird. Die Hubschaufelräder *k* bringen die Kartoffeln aus und zu diesen Abteilungen, während das Rührwerk *l* für eine gründliche Bewegung der Kartoffeln sorgt.

Abb. 4
Unmittelbar beheizte Trockenanlage

a Rost
b Flammgewölbe und Luftmischkammer,
c Brüdenlüfter
d Notschornstein
e Aufgabevorrichtung
f Trockentrommel
g Rollenlager
h Getriebe zum Drehen von *f*
i Ausfallgehäuse
k Brüdenrohr
l Staubsammler

Abb. 5
Umschütt- und Rieseleinrichtung eines Allestrockners

Abb. 6 und 7
Gesamtanordnung einer Kartoffelschnitzelfabrik

a Schwemmrinne vom Kartoffellager
b Kartoffelkratzer
c Wäsche
d Kartoffelbecherwerk
e Vorratkasten
f Schnitzelmaschine
g Einfüllvorrichtung
h Trockentrommel
i Ausfallgehäuse
k Schnitzelbecherwerk
l Lager für Trockengut
m Feuerung
n Lokomobile
o Lüfter
p Staubsammler
q Brüdenrohr

Nach der Befreiung von Schmutz und Steinen gelangen die gewaschenen Kartoffeln auf eine Fallschurre *m*, auf der sie in das Becherwerk *n* gelangen, das sie zum Kartoffelvorratkasten bringt. Das der Waschmaschine zugeführte Frischwasser läuft durch Überläufe *o* ab und gelangt entweder mit dem Schwemmwasser in die Abflußkanäle oder die Klärbecken oder wird bei Wassermangel zur Bedienung der Schwemmrinne benutzt. Schlamm und Schmutz sammeln sich in einer Schlammwanne *p*.

Das Becherwerk *n* hebt die Kartoffeln zu einem Vorratkasten, der meist so hoch angeordnet wird, daß zur Vermeidung erhöhten Kraftbedarfes für Transporteinrichtungen oder erhöhten Personalbedarfes der Arbeitsgang von oben nach unten gerichtet ist. Unter dem Vorratkasten steht unmittelbar die Schnitzelmaschine, Abb. 3.

Der Wert des herzustellenden Erzeugnisses hängt zum großen Teil von der Zweckmäßigkeit dieser Maschine ab. Es muß verhindert werden, daß sich aus den Mieten mitgebrachtes Stroh oder Kartoffelkraut zwischen den Messern festsetzt. Geschieht es, dann schneidet die Maschine nicht reine Schnitzel, sondern quetscht z. T. die Kartoffeln zu einem Brei. Dieser setzt sich später an den Wandungen der Trockentrommel und Rieseleinbauten fest und wird dort naturgemäß durch die heißen Feuergase verbrannt. Diese verbrannte Kartoffelkruste fällt dann z. T. unter die Schnitzel und macht das Trockengut unansehnlich. In der in Abb. 3 gezeigten Maschine werden die unteren der im Schütttrichter *a* lagernden Kartoffeln durch eine Messertrommel *b* in Scheiben geschnitten. Die Messer sind in Messerkasten *c* untergebracht und können durch Blindkästen ersetzt werden. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, die Leistung der Schnitzelmaschine der des Trommeltrockners anzupassen. Diese Messer werden durch eine sich schnell drehende Bürste *f* gleich nach jedem Schnitt von Stroh- und Krautresten gereinigt. Die Kartoffelscheiben fallen zu umlaufenden Rundmessern *d* und werden hier in Schnitzel zerteilt; diese fallen von der Rutsche *e* zur Einfüllvorrichtung der Trockentrommel.

Die Kartoffelschnitzel werden dem eigentlichen Trockner zugeführt. Er besteht im wesentlichen aus folgenden Hauptteilen: Feuerung, Einfüllvorrichtung, Trockentrommel, Ausfallvorrichtung, Brückenlüfter, Staubsammler und Brüdenrohr. Die Anordnung einer solchen Anlage geht aus Abb. 4 hervor. Der Brennstoff wird auf einem Rost *a* verbrannt, die Feuergase werden im Flammgewölbe *b* mit Frischluft gemischt und durch einen Lüfter *c* durch die Trockentrommel gesogen. Ein Notschornstein *d* sorgt für den notwendigen Zug bei stillgesetzter Trommel und beim Inbetriebsetzen der Anlage. Von der Aufgabevorrichtung *e* gelangen die Kartoffelschnitzel in die Trockentrommel *f*. Sie ruht auf Rollenlagern *g* und wird durch ein Getriebe *h* gedreht. Infolge einer geringen Neigung der Trommel zum Ausfallgehäuse *i* hin wandern die Schnitzel langsam durch die Trommel, wobei durch innige Berührung mit den Feuergasen das Wasser aus den Kartoffelschnitzeln verdampft, als Brüden mit den Feuergasen durch den Lüfter *c* abgesogen wird und durch das Brüdenrohr *k* ins Freie entweicht. Der infolge des starken Zuges aus der Trockentrommel mitgerissene Trockenstaub wird in einem Staubsammler *l* abgeschieden. Durch Bleicheinbauten in der Trommel werden die Kartoffelschnitzel während ihres Durchganges infolge der Trommeldrehung dauernd umgeschüttet, gelockert und stets rieselnd durch die Feuergase geführt, Abb. 5.

Die Aufenthaltdauer der Schnitzel in der Trommel muß dem Wassergehalt der Kartoffeln angepaßt werden. Dies wird teils durch besondere selbsttätige Stauvorrichtungen und durch Veränderung der Umlaufzahl der Trommel, teils durch Betätigung von Regelschiebern für die Feuerung und die Luftmischkammer erreicht. Auf alle Fälle muß man verhindern, daß die Schnitzel weder

Abb. 8 (links)
Kartoffeldämpfer

a Einfüllöffnung
b selbsttätiges Frischdampf-Zusatzventil
c Ausstoßklappe
d Dampfverteiler
e Schraubenspindel mit Handrad

Abb. 10 (rechts)
Einwalzentrockner

a Auftragvorrichtung
b Rührflügel
c Trockenwalze
d Andrück- u. Auftragwalzen
e Abschabevorrichtungen
f Schabemesser
g Messerhalter

mit zu hohem Wassergehalt die Trommel verlassen, da dadurch ihre Haltbarkeit wesentlich herabgemindert würde, noch daß infolge zu scharfen Trocknens die Schnitzel zu stark gebräunt oder gar verbrannt werden.

Die Gesamtanordnung einer Kartoffelschnitzelfabrik zeigen Abb. 6 und 7. Von dem zweckmäßigerweise dicht neben der Trocknerei liegenden Kartoffellager werden die Rohkartoffeln durch die Schwemmrinne *a* und die Kartoffelkratze *b* der Wäsche *c* zugeführt. Sodann hebt das Becherwerk *d* die gewaschenen Kartoffeln zum Vorratkasten *e*. Von hier aus nehmen die Kartoffeln ihren Weg durch die Schnitzelmaschine *f*, die Einfüllvorrichtung *g*, den Trommeltrockner *h* zum Ausfallgehäuse *i*. Ein Becherwerk *k* bringt die Kartoffelschnitzel zum Lagerraum *l*. Zum Antrieb der einzelnen Geräte dient entweder eine Lokomobile *n*, die zweckmäßig so aufgestellt wird, daß sowohl ihre als auch die Feuerung *m* des Trockners nebeneinander liegen, damit mit wenig Bedienungsmannschaft der Brennstoff von einem Lagerplatz in die Feuerungen gebracht werden kann, oder aber der Kraftbedarf wird durch Elektromotoren gedeckt, wenn Strom zu ausreichend niedrigen Preisen bezogen werden kann. Eine Möglichkeit, den Abdampf der Lokomobile noch zu verwenden, besteht in der Kartoffelschnitzelfabrik nicht, da infolge des verhältnismäßig geringen Kraftbedarfes die Abdampfmengen zur Anwärmung der Trockenluft bei weitem nicht ausreichen.

Die Einrichtungen einer Kartoffelflockenfabrik

Zur Herstellung von Kartoffelflocken ist zunächst eine ebenso vollkommene Reinigung der Kartoffeln von Schmutz und Steinen wie bei der Schnitzelfabrik erforderlich. Hierzu werden die Schwemmanlagen und Kartoffelwäschen, wie in Abb. 1 und 2 dargestellt, ebenfalls benutzt. Die gereinigten Kartoffeln werden durch e Becherwerk zu einem Vorratkasten gefördert. Da, w später noch näher beschrieben werden wird, die Kartoff flocken aus einem Kartoffelbrei entstehen, müssen die Ro kartoffeln gedämpft werden, um sich dann leicht durch ei fache Rührwerke zu einem Brei kneten zu lassen. Abb. zeigt einen solchen Kartoffeldämpfer. Er besteht a einem zylindrischen eisernen Gefäß, das sich zur Aussto klappe *c* hin verjüngt. Die gewaschenen Kartoffeln g langen vom Vorratkasten her durch die Einfüllöffnung in den Dämpfer. Durch ein Druckminderventil *b* wi Frisch- oder Abdampf mit Hilfe eines durchlocht Rohres *d* in den Dämpfer eingeblasen. Die Aussto klappe *c* wird durch eine Schraubenspindel *e* mit Han rad betätigt. Um die Kartoffeln gar zu dämpfen, sind nach Dämpferinhalt und Dampfdruck etwa 20 bis 40 min e forderlich. Die gedämpften Kartoffeln fallen in ein Schüttrumpf. In ihm zerkleinert eine Schnecke die g dämpften Kartoffeln zu Brei, den sie alsdann gleichmäß dem Trockner zuführt. Der Schüttrumpf muß so gr sein, daß er genügend Kartoffeln aufnehmen kann, u die gleichmäßig arbeitenden Trockner dauernd mit Ka toffelbrei zu versorgen, während der Dämpfer nur Abständen von jeweils 20 bis 40 min gedämpfte Kartoffe zu liefern vermag.

Die eigentlichen Kartoffelflocken werden in den s genannten Walzentrocknern hergestellt.

Solche Walzentrockner werden als Ein- und Zweiwa zenapparate, Abb. 9 und 10, gebaut. Der vom Schü rumpf kommende Kartoffelbrei gelangt in die Auftra vorrichtung *a*, Abb. 10. In ihr sind drei Rührflüg wellen *b* angeordnet, die nochmals den Brei durcharbeit und ihn gleichzeitig auf die Oberfläche der Walze *c* au tragen, die sich mit etwa 4 bis 6 U/min dreht. D vorerst lose und ungleichmäßig auf der Walze aufliegen Brei wird nun nacheinander durch vier Andrückwalzen geglättet und ausgeglichen. Im Betriebe sammelt sich v diesen Walzen eine Wulst von Kartoffelbrei, und es kar hier noch nachträglich Brei an freien Stellen aufgetrag werden. Die Andrückwalzen (auch Auftragwalzen g nannt) werden von einem Zahnrad angetrieben und sir federnd gelagert. Die federnde Lagerung ist notwendi um einen Bruch der Walzen zu verhindern, wenn tro aller bereits beschriebenen Schutzvorrichtungen doch no ein kleines Steinchen bis an die Walzen gelangt. Auße dem kann man durch Verändern des Walzenabstand die Dicke des Flockenschleiers und somit die Leistu des Trockners dem Wassergehalt der Rohkartoffeln a passen. Abschabevorrichtungen *e* reinigen die Andrüc walzen vom Kartoffelbrei.

Während des Auftragens beginnt schon das Trockne da ja die Walze immer mit Dampf geheizt wird. Verlä der Kartoffelbrei die Auftragvorrichtung, so ist die Troc nung schon so weit vorgeschritten, daß der Schleier fe an der Walze haftet. Während des weiteren Walze

Abb. 9
Zweiwalzentrockner

Abb. 12
Kartoffelflockenfabrik

a Schwemmrinne
b Förderrohr
c Kartoffelwäsche
d Becherwerk für Kartoffeln
e Vorratkasten
f Dämpfer
g Schüttrumpf und Quetsche
h Walzentrockner
i Zerreiß- und Kühlschnecke
k Flockenbecherwerk
l Siebtrommel
m Flockenschnecke
n Absackvorrichtung für Flocken 2. Güte
o Frischdampfleitung
p Kondenstopf
q Kondensatleitung
r Heißwasser-Rückspeisepumpe
s Wrasenkamin für Trockner und Schüttrumpf
t Wrasenkamin für Dämpfer

umlaufes wird nun der Kartoffelschleier fertig getrocknet und gelangt an die Schabemesser *f*, die durch nachstellbare Messerhalter *g* gehalten werden. Hier wird der Flockenschleier von der Walze getrennt und fällt nach unten in eine Kühl- und Zerreißschnecke.

Die Dampfarmatur zur Beheizung der Walzen ist in Abb. 9 erkennbar. Ein Lagerzapfen der Walzen ist als Hohlzapfen ausgebildet. Durch diese Bohrung führt das Dampfrohr, und in diesem liegt die Kondensat-Abflußleitung. Der Dampf (4 bis 7 at) strömt frei in die Walzen ein, das Kondensat sammelt sich unten in der Walze. Die Kondensatleitung ist als Knierohr bis dicht an den unteren Scheitelpunkt der Walzen geführt und taucht in das Kondensat ein, das durch Kondenstöpfe abgeleitet wird.

Die Leistung dieser Walzentrockner ist natürlich von der Größe der Walzenoberfläche, der Umfangsgeschwindigkeit, dem Wassergehalt der Rohkartoffeln und der zur Anwendung gebrachten Dampftemperatur abhängig. Im Mittel beträgt die stündliche Verarbeitung auf 1 m² Walzenoberfläche etwa 1,5 bis 1,8 Ztr. Kartoffeln. Um während der verhältnismäßig kurzen Zeit, die sich der Kartoffelbrei auf der Walze befindet, ausreichend schnell zu trocknen, muß man Dampfdrücke von 4 bis 8 at zur Beheizung der Walzen anwenden. Man benutzt daher nur Frischdampf, dessen ölfreies Kondensat entweder durch Heißwasserpumpen oder selbsttätige Rückspeiser in die Dampfkessel zurückgefördert werden kann.

Die Kartoffelflocken bringt man von der Kühlschnecke zu einem Becherwerk und von diesem zu einer Siebtrommel. Hier werden sie gesiebt; die in geringer Menge in die Kühlschnecke gelangenden schlechten Flocken (Klumpen) werden ausgesondert und die guten mittels Schnecken oder neuerdings auch mittels Druckluft-Fördereinrichtungen zum Lagerboden oder zu Absackvorrichtungen gebracht. Die Flocken dürfen nur gut gekühlt in die Säcke gebracht werden, da sie sonst dazu neigen, sich wieder zu Klumpen zusammenzuballen. Bei Transportschnecken muß daher der Weg der Flocken bis zur Sackfüll-Vorrichtung ausreichend lang sein, bei Druckluft-Förderanlagen tritt dagegen infolge des starken Luftstromes eine ausreichende Kühlung der Flocken sofort ein. Abb. 11 zeigt den Aufbau einer solchen Druckluft-Fördereinrichtung. Die Flocken fallen von oben durch eine automatische Waage *a* und von dieser durch einen Trichter *b* und eine Luftschleuse *c* in die Leitung *d*, wo sie durch den vom Kreiselgebläse *e* erzeugten Luftstrom zum Lager geblasen werden. Die Gesamtanordnung einer Flockenfabrik zeigt Abb. 12.

Energieverbrauch beim Kartoffeltrocknen

Der Wärmeverbrauch zum Trocknen der Kartoffeln nach den beschriebenen Verfahren ist im wesentlichen abhängig von dem Wassergehalt der Rohkartoffeln, der im Mittel etwa 80 vH beträgt. Es sind also bei vollkommener Trocknung von 100 kg Rohkartoffeln etwa 80 kg Wasser zu verdampfen. Trockenschnitzel haben aber noch etwa 15 vH Wassergehalt, so daß also aus 100 kg Rohkartoffeln etwa 23,5 kg Kartoffelschnitzel gewonnen werden und demnach 76,5 kg Wasser zu verdampfen sind. Der Wirkungsgrad der Trommeltrockner beträgt etwa 80 vH. Zur Herstellung von 100 kg Kartoffelschnitzeln (trocken gewogen) sind demnach etwa 36 kg Steinkohlen von 7000 kcal/kg Heizwert allein für den Trockner erforderlich. Der Leistungsbedarf einer mittleren Kartoffelschnitzelfabrik für 20 bis 25 Zentner Rohkartoffeln stündliche Verarbeitung kann mit etwa 15 bis 20 PS angegeben werden. Da zur Erzeugung von 100 kg Schnitzeln im Mittel ungefähr 8,50 Zentner Rohkartoffeln verarbeitet werden müssen, sind also für 100 kg Schnitzel etwa 6,5 PSh aufzuwenden. Da die Schnitzelfabriken meist ländliche oder kleinere Betriebe sind, die mit Kesseldrücken von etwa 6 bis 10 at arbeiten und meist ältere Sattdampfmaschinen verwenden, muß der Dampfverbrauch für 1 PSh mit etwa 15 kg bei 7facher Verdampfung (Steinkohlen) angenommen werden. Demnach verbraucht man zur Erzeugung von 100 kg Trockenschnitzeln rd. 36 kg Stein-

Abb. 11. Druckluft-Förderanlage für Kartoffelflocken
a selbsttätige Waage *b* Trichter *c* Luftschleuse
d Förderrohr *e* Luftsauger

kohlen für das Trocknen, und 14 kg Steinkohlen für den Kraftbedarf, das sind rd. 0,5 Zentner Steinkohlen für einen Zentner Kartoffelschnitzel.

Anders liegen die Verhältnisse in den Flockenfabriken. Hier wird zunächst mit Frischdampf geheizt. Der Dampfverbrauch zur Heizung kann im Mittel mit etwa 45 kg Dampf für 1 Zentner Rohkartoffeln angenommen werden. Der Kraftverbrauch der schwereren Trockner erhöht auch den Gesamtkraftbedarf auf etwa 1,5 PSh für 1 Zentner stündlicher Verarbeitung. Eine Flockenfabrik, die 20 Zentner Rohkartoffeln stündlich verarbeitet, braucht demnach 900 kg/h Heizdampf und etwa 450 kg Dampf für die Antriebmaschine. Zum Dämpfen der Kartoffeln sind etwa 15 kg Dampf/Zentner erforderlich, bei dem angeführten Beispiel also etwa 300 kg/h. Da dieser Dampfverbrauch aber in etwa 40 min der Dämpfdauer gedeckt werden muß, sind 75 kg/min Dampf erforderlich. Da die Dampfmaschine ebenfalls 75 kg/min Abdampf liefert, hiervon aber Rohrleitungsverluste usw. abzurechnen sind, wird geringer Frischdampfzusatz erforderlich.

Das Wärmestrombild, Abb. 13, einer Flockenfabrik ist wegen der gut durchgebildeten Abwärmeverwertung aufschlußreich. Der während der Dämpfpausen (Beschicken und Entleeren des Dämpfers) anfallende Abdampf wird zur Speisewasservorwärmung benutzt. Da das Walzenkondensat ja nicht zur Kesselspeisung ausreicht, so muß man den Abdampfüberschuß möglichst wiedergewinnen. Verloren sind der zum Dämpfen erforderliche Dampf und der als Wasserdampf abziehende Wassergehalt der Rohkartoffeln. Bei dieser Arbeitsweise kann mit etwa 0,8 Zentner mittlerem Steinkohlen-Verbrauch für 1 Zentner Kartoffelflocken gerechnet werden. Wegen des wesentlich größeren Kraftbedarfes der Flockenfabrik und wegen der weitergehenden Trocknung (12 bis 14 vH Wassergehalt des Trockengutes) ist der Kohlenverbrauch also größer als bei der Schnitzelfabrik.

Abb. 13
Wärmestrombild einer Kartoffelflockenfabrik

Vereinzelt wurden schon mit Erfolg Versuche gemacht, den von den Trocknern abziehenden Wrasen, der ja annähernd ebensoviel wiegt wie der Heizdampf, zum Dämpfen der Kartoffeln zu benutzen. Dann könnte der Abdampf der Maschine entweder zur Speisewasservorwärmung herangezogen werden, oder aber man verzichtet ganz auf die Dampfmaschine und bevorzugt elektromotorischen Einzelantrieb. Da der elektrische Betrieb an sich einige Vorteile bietet, kommt vielfach bei einigermaßen günstigen Strompreisen diese Betriebsweise als wirtschaftlich in Frage.

Wirtschaftlichkeit des Kartoffeltrocknens

Um allgemeingültige Unterlagen über die Wirtschaftlichkeit des Kartoffeltrocknens zu gewinnen, hatte im Frühjahr 1927 der Trocknungsausschuß des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft eine Rundfrage bei allen deutschen Kartoffeltrocknereien veranstaltet, deren Ergebnis in Zahlentafel 1 zusammengestellt ist. Bei der Berechnung dieser Werte wurden folgende Annahmen gemacht:

Verzinsung der Anlagekosten	6 vH
Abschreibung der Gebäude	2 „
Abschreibung der maschinellen Anlage.	6 „
Arbeitstage in jedem Betriebsabschnitt .	160
tägliche Betriebzeit	24 h

Die Höhe der Anlagekosten und der allgemeinen Unkosten wurde den Angaben der eingegangenen Antworten entnommen. Ebenso die Anzahl der erforderlichen Arbeiter. Alles wurde umgerechnet auf 1 Zentner verarbeitete Rohkartoffeln.

Zahlentafel 1
Wirtschaftlichkeit des Kartoffeltrocknens.

Stündlich verarbeitete Menge Rohkartoffeln	bis 20 Ztr.	21 bis 50 Ztr.	über 50 Ztr.
Kostenart	Trocknungskosten in ₰ für 1 Ztr. Kartoffeln		
Kohlen			
8,9 kg bzw. 9,8 kg bzw. 8,45 kg . . .	26,7	29,6	25,4
Lohn			
je 1 Ztr. 1 : 2,43 bzw. 1 : 2,8 bzw. 1 : 3,45 Leute je 55 ₰/h	22,6	19,6	16,0
Verzinsung und Abschreibung			
a) Gebäude 2600 bzw. 1300 bzw. 1800 RM . . . . (für 1 Ztr./h Verarbeitung)	5,4	2,7	3,8
b) Maschinen 2500 bzw. 1750 RM (für 1 Ztr./h Verarbeitung)	7,8	5,5	5,5
Allgemeine Unkosten			
(aus den Fragebogen entnommen) .	6,8	18,2	8,5
insgesamt	69,3	75,6	59,2

Aus Zahlentafel 1 geht hervor, daß die reinen Trockenkosten (Kohlen- und Lohnkonto) für 1 Ztr. Kartoffeln mit zunehmender Größe der Betriebe abnehmen. Während bei den Betrieben mit über 50 Ztr./h Verarbeitung die reinen Trockenkosten für 1 Ztr. Kartoffeln nur 41,4 ₰ betragen, erreichen sie bei den mittleren Betrieben 49,2 ₰ und bei den kleinen Betrieben 49,3 ₰. Die Kosten für Verzinsung und Abschreibung sind bei den mittleren Betrieben am geringsten, nämlich 8,2 ₰, während sie bei den kleinen Betrieben 13,2 ₰ und bei den Großbetrieben 9,3 ₰ betragen. Der Unterschied bei den mittleren und großen Betrieben ist darauf zurückzuführen, daß die Großbetriebe meist gewerblich und mit genügend großen Lagerräumen ausgestattet sind, die naturgemäß die Kosten für Verzinsung und Abschreibung der Gebäude beeinflussen. Bei den allgemeinen Unkosten ist der für die mittleren Betriebe angegebene Anteil von 18,2 ₰ für 1 Ztr. Kartoffeln als ungewöhnlich zu bezeichnen. Da diese Zahl aus der Zusammenstellung weniger Betriebe hervorgegangen ist, muß sie als Zufallswert bezeichnet werden.

Die Grenzen der Wirtschaftlichkeit einer Kartoffelflockenfabrik kann man nun leicht aus Zahlentafel 1 gewinnen. Rechnet man mit den mittleren Trockenkosten von 68 ₰ für 1 Ztr. Rohkartoffeln, dann kostet das Trocknen von 1 Ztr. Flocken 3,06 RM, wenn man mit einer Ausbeute von 1 Ztr. Flocken aus 4,5 Ztr. Rohkartoffeln rechnet. Z. Z. werden etwa 12 RM für 1 Ztr. Flocken erzielt. Zieht man hiervon die Trockenkosten ab und teilt den Rest durch 4,5, so sieht man, daß die Rohkartoffeln mit 1,97 RM/Ztr. verwertet sind. Können ausreichende Mengen zu diesem Preise beschafft werden, so arbeitet die Anlage wirtschaftlich. Da aber Rohkartoffeln in sehr vielen Fällen teurer sein werden, so ist es zur Stärkung des deutschen Kartoffelbaues und auch der deutschen Landwirtschaft im allgemeinen notwendig, Verfahren und Verbesserungen zu finden, die es möglich machen, mit geringeren Trockenkosten auszukommen.

In diesem Sinne hat neuerdings ein vom Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft erlassenes Preisausschreiben die Herabsetzung der Trockenkosten zum Ziele. [B 1302]

Turbostromerzeuger für 40000 kVA bei 3000 U/min

Von Dr. Robert Pohl, Berlin

Nach einer Darlegung der Gründe für die schnelle Steigerung der Grenzleistung von Turbostromerzeugern, insbesondere der zweipoligen Bauart, werden Ständer- und Läuferkonstruktionen von Maschinen für 40000 kVA bei 3000 U/min beschrieben. Insbesondere werden die Vor- und Nachteile verschiedener Ständerwicklungen sowie die Ausbildung des Läufers behandelt.

Abb. 1
Schnitt durch einen Drehstromerzeuger für 40 000 kVA bei 3000 U/min.

Gründe für den Bau großer Stromerzeuger

Angesichts der außerordentlich schnellen Steigerung der Grenzleistung von Turbostromerzeugern[1]) und der Aufstellung immer größerer Einheiten in den Kraftwerken mag sich manchem Beobachter der Gedanke aufdrängen, daß der Ehrgeiz der Werke, den größten Stromerzeuger der Welt zu betreiben, und der verschiedenen Hersteller, ihn gebaut zu haben, hier vielleicht einen Wettlauf entfesselt habe, bei dem die Gebote der Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit ins Hintertreffen zu geraten drohen. Sicherlich haben diese Gedanken eine Rolle gespielt; im Grunde aber ist die Entwicklung doch zwangläufig. Abgesehen davon, daß sie allgemein ist und ihre Schnelligkeit, soweit es sich um die größten Einheiten handelt, vor allen Dingen von Amerika beeinflußt wird, entspringt der Antrieb zur Aufstellung immer größerer Stromerzeuger naturgemäß dem steilen Anstieg im Strombedarf aller zivilisierten Länder und dem Bau entsprechender Großkraftwerke, deren Leistung, um nur dem Bedarf der allernächsten Zeit gerecht werden zu können, Beträge erreichen muß, an die man vor dem Kriege nicht gedacht hat. Dabei stehen wir aber wohl noch im Anfang dieser Entwicklung; denn grade in der letzten Zeit scheint noch eine Beschleunigung einzusetzen, und sicherlich wird sich in Deutschland der Strombedarf im Laufe des nächsten Jahrzehnts wieder vervielfachen. Hinzu kommt, daß die Wirkungsgrade der Turbinen und Stromerzeuger mit wachsender Größe besser werden, ihr Preis je kW der aufgestellten Leistung niedriger wird, und daß Bedienung und Überwachung einer kleinen Zahl großer Einheiten leichter und billiger sind als die einer großen Zahl kleiner Maschinensätze. Aus diesen wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen hat das Drängen der Werke nach immer größeren Einheiten seine Berechtigung. Daß bei einer so schnellen technischen Entwicklung auch Fehlschläge vorkommen können, ist natürlich, zumal es sich sowohl bei den Turbinen wie bei den Stromerzeugern um Maschinenarten handelt, die nicht nur den Maschinenbauer, sondern auch die Hersteller der Halbfertigerzeugnisse, insbesondere die Stahl- und Hüttenwerke, vor neue Aufgaben stellen und sie zwingen, in steter Forschung die Grenzen ihres Könnens hinauszuschieben, mittelbar zum Vorteil auch andrer Industriezweige.

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 5 S. 129.

Drehzahlen der Stromerzeuger

Für Turbostromerzeuger der üblichen Frequenz von 50 Per./s kommen zur Zeit nur noch zwei normale Drehzahlen in Frage, nämlich 3000 oder 1500 U/min bei der zwei- oder vierpoligen Bauart. Sechspolige Maschinen für 1000 U/min, die man noch während des Krieges baute, z. B. die damals einzigartigen Stromerzeuger des Goldenbergwerkes von je 50 000 kW (62 500 kVA) Leistung, sind angesichts der außerordentlich erweiterten Ausführungsmöglichkeit der Maschinen von 1500 U/min ausgeschieden. Die höhere Drehzahl bringt die Vorteile kleinerer Abmessungen, niedrigerer Herstellungskosten, leichterer Beförderung und Überprüfung, sowie geringeren Raumbedarfs im Werk. Aus den gleichen Gründen geht das Bestreben auch immer wieder dahin, die Leistungen der Maschinen mit 3000 U/min zu erhöhen, damit auch die kleineren Einheiten mit 1500 U/min fortfallen können. Während vor dem Kriege für zweipolige Maschinen eine Leistung von 10 000 kVA als Höchstwert galt, für vierpolige Maschinen etwa 20 000 kVA, kann man jetzt die vier- bis fünffachen Leistungen erreichen. Dabei ist mit Rücksicht auf ruhigen Lauf angenommen, daß die kritische Drehzahl bei den vierpoligen Maschinen über der Nenndrehzahl liegen soll, bei den zweipoligen immerhin über 1700 U/min. Stellt sich diese Vorsichtsmaßnahme als nicht erforderlich heraus, so kann man natürlich die axiale Länge des wirksamen Eisens und damit die Grenzleistung der Stromerzeuger noch bedeutend vergrößern, ein Weg, den man bereits zu betreten begonnen hat. Der größte in Amerika im Bau befindliche Stromerzeuger hat eine Leistung von 160 000 kW, und zwar für 25 Per./s, 1500 U/min, $\cos\varphi = 1$; seine kritische Drehzahl wird beim Hochfahren durchlaufen. In Deutschland wurden bisher keine auch nur annähernd so großen vierpoligen Einheiten aufgestellt. Die durchgearbeiteten Entwürfe, soweit sie dem Verfasser bekannt sind, beziehen sich auf eine Grenzleistung von 100 000 kVA, wobei man noch den Betrieb mit starrer Welle, d. h. über der Nenndrehzahl liegender kritischer Drehzahl, aufrechterhalten kann. Zweipolige Maschinen für 3000 U/min sind für 40 000 kVA in Betrieb genommen worden und mehrere im Bau begriffen; sie fallen bezüglich Gewicht und Preis je Leistungseinheit am günstigsten aus.

Von einigen wenigen Großkraftwerken abgesehen, die noch größere Maschinen brauchen und daher

Abb. 2
Stromerzeuger mit seitlich angebauten Luftkühlern.

Stromerzeuger mit 1500 U/min betreiben, dürften die Kraftwerke die 50periodigen Drehstrom erzeugen, in den nächsten Jahren vorwiegend Maschinen für 40 000 kVA, 3000 U/min einbauen. Diese Maschinen sollen daher nachstehend näher beschrieben werden.

Aufbau der Stromerzeuger

Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch einen Stromerzeuger dieser Bauart, aus dem die Hauptabmessungen und alle wesentlichen Einzelheiten zu erkennen sind. Das Gehäuse ist aus Walzeisen geschweißt[2]). Diese Neuerung bringt gegenüber den sonst üblichen Gußeisengehäusen den Vorteil eines von Gußfehlern freien Werkstoffes, geringeren Gewichtes, kürzerer Lieferzeit und des Fortfalls von Modellen. Die äußeren Gehäuseabmessungen sind so, daß sie noch gerade innerhalb des Eisenbahnprofiles bleiben und der Ständer daher in der Werkstatt fertig gewickelt, geprüft und zum Versand gebracht werden kann; weitere Vergrößerung der Maschinendurchmesser wäre ohne Teilung nicht mehr möglich.

Luftkühlung

Zum Kühlen des Ständers dienen zwei auf der Läuferwelle sitzende Lüfter. Die Kühlluft wird zum kleineren Teil durch den Luftspalt, zum weitaus größeren durch Kammern am Ständerrücken getrieben, von denen sie die Radialschlitze des wirksamen Eisens sowie Axiallöcher in der Nähe der Wicklung durchströmt, bis sie gemeinsam mit der vom Läufer angesaugten Luft durch die große Abluftöffnung in der unteren Gehäusehälfte entweicht. Bei allen neuzeitlichen Maschinen wird statt der früher allgemein üblichen Durchzugbelüftung, die fortgesetzt neue Luft der Atmosphäre entnahm, Kreislaufbelüftung vorgesehen. Die erwärmte Luft durchströmt einen Luftrückkühler, der ihre Temperatur auf etwa 30 °C heruntersetzt, und wird sodann zu beiden Seiten der Maschine wieder zugeführt. Der Fortfall der Verschmutzung und der selbsttätige Schutz gegen umfangreiche Wicklungsbrände sind als eine wesentliche Erhöhung der Betriebsicherheit anzusehen. Die Luftkühler führt man je nach der Möglichkeit ihres Einbaues in die meist recht beengten Kellerräume mit wagerechten oder senkrechten Rohren aus. Oft werden sie auch an den Stromerzeuger seitlich angebaut und mit ihm eng verbunden, Abb. 2. Dabei fallen alle Luftkanäle fort, der Kühler wird weit besser zugänglich und die eingeschlossene Luftmenge wesentlich verringert, was der selbsttätigen Erstickung eines Brandes zugute kommt.

Die Ständerbleche hat man neuerdings sowohl bezüglich ihrer Eisenverluste wie auch ihrer Magnetisierbarkeit wieder erheblich verbessert; ihre Verlustzahl beträgt rd. 2,1 Watt/kg bei $\mathfrak{B} = 10\,000$ Induktionslinien.

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1457 u. 1760.

Abb. 3
Wickelkopf einer zweipoligen Stabwicklung.

Abb. 4
Stab-Bügelverbindung durch Vernieten und Verlöten.

Wicklung

Die Wicklung ist dem europäischen Brauch gemäß in den meisten Fällen eine Stabwicklung mit durch Nieten und Verlöten angesetzten vollen Evolventenbügeln. Abb. 3 zeigt einen Wickelkopf, Abb. 4 läßt die kräftige Verbindung der Stäbe mit den Bügeln im einzelnen erkennen. Gelegentlich wendet man aber auch die in Amerika beliebte Halbspulen-Zweischichtwicklung an, bei der der Wickelkopf, wie Abb. 5 zeigt, kegelförmig ist. Da diese Art der Wicklung in Deutschland noch wenig bekannt ist, mögen ihre Vor- und Nachteile, verglichen mit der Stabwicklung, hier kurz gekennzeichnet werden.

Vergleich der Halbspulen-Zweischichtwicklung mit der Stabwicklung

Die Halbspulen-Zweischichtwicklung ist sowohl in axialer wie in radialer Richtung etwas kürzer als die Stabwicklung, da der gradlinige Teil der aus den Nuten herausragenden Leiter, der bei der Stabwicklung ziemlich lang ist, hier fortfällt; die Leiter werden in der Umfangsrichtung schon in geringem Abstande vom Eisen umgebogen. Die Folge hiervon ist eine Herabsetzung des Stirnstreufeldes und der Zusatzverluste, soweit sie durch dieses Streufeld hervorgerufen werden.

Die reckteckige Verbindung der Bügel mit den Stäben der Stabwicklungen fällt bei der Halbspulenwicklung fort, ein Vorteil für die gleichmäßige Isolation und die Verringerung der Wirbelstromverluste. Allerdings entstehen dafür ähnliche, aber nur halb so viele Verbindungen am äußeren Umfang des Wickelkopfes, die auch günstiger im Streufelde liegen.

Als ein weiterer Vorteil der Halbspulen-Zweischichtwicklung ist auch der Fortfall von Klemmstücken anzusehen. Die oberen und unteren Lagen der Zweischichtwicklung werden nämlich einzeln mittels Schnur oder kleiner Halteklammern an unmagnetischen Ringen befestigt, die dem gesamten Wickelkopf eine hinreichende mechanische Festigkeit verleihen. Natürlich muß man die einzelnen Leiter des Wickelkopfes außerdem gegen die benachbarten durch eine Reihe angeschnürter Abstandstücke aus Isolierstoff abstützen, damit Verlagerungen in der Umfangsrichtung bei Kurzschluß vermieden werden.

Diesen Vorzügen der Halbspulen-Zweischichtwicklung stehen nun aber auch wesentliche Nachteile gegenüber. Bei der Stabwicklung kann man jeden einzelnen Stab oder Bügel ohne Störung der übrigen Wicklung herausnehmen; bei einer Beschädigung in der Werkstatt oder im Betrieb kann man die verletzten Teile in kürzester Zeit auswechseln. Demgegenüber erfordert die Halbspulenwicklung, wenn der zu beseitigende Fehler sich in der unteren Lage der Wicklung befindet, das Herausheben eines großen Teiles der gesamten Ständerwicklung, wodurch sich weitere Verletzungen der Isolation kaum vermeiden lassen, so daß mit einer sehr weitgehenden Neuwicklung zu rechnen ist.

Ein weiterer Nachteil der Halbspulenwicklung liegt in der Unmöglichkeit, geschlossene Nuten zu verwenden. Wie Abb. 4 erkennen läßt, werden die isolierten Stäbe der Stabwicklungen von der Seite in die geschlossenen Nuten eingeschoben, während man die an den Seiten abgebogenen Halbspulen der Wicklung nach Abb. 5 natürlich in offene Nuten einlegen muß, die man dann mit großen schwalbenschwanzförmigen Keilen aus Isolierstoff verschließen muß. Offene Nuten haben den Nachteil erhöhter Wirbelstrombildung in der Läuferoberfläche und vergrößerten Magnetisierungsstromes. Das größere Stirnstreufeld bei der Stabwicklung ist zwar ein Nachteil wegen der Stirnraumverluste, es ist aber auch ein Vorteil, wenn man an die Streureaktanz, also an die Begrenzung der Kurzschlußenergie denkt[3]).

Wenn es sich um größere, insbesondere vierpolige Maschinen handelt, so bedeutet die Halbspulenwicklung nach Abb. 5 weiterhin, daß eine Teilung der Maschine in zwei Hälften nicht mehr möglich ist, während man die Stabbügelwicklung leicht so ausführen kann, daß man nach Öffnung einiger Bügelverbindungen die Oberhälfte des Ständers von der Unterhälfte abheben kann. Hierdurch wird es bei Stabwicklungsmaschinen möglich, den Läufer mit dem Kran ein- und auszuheben, während er bei Maschinen mit Halbspulenwicklung und ungeteiltem Ständer axial eingeführt und herausgebracht werden muß. Bei großen Läufergewichten ist dies nur mit erheblichen Schwierigkeiten möglich, es bedeutet aber auch, daß ein entsprechend großer Raum im Kraftwerk in der Achsrichtung der Maschine freibleiben und Krane von größerer Tragfähigkeit vorhanden sein müssen. Denn bei der Montage muß der Kran den ganzen Ständer heben, anstatt einer Ständerhälfte; dabei ist zu beachten, daß das Gewicht des Läufers einer vierpoligen Maschine angenähert dem einer Ständerhälfte entspricht.

Man erkennt, daß die auf Grund langjähriger Erfahrung geschaffene und verbesserte Stabwicklung gegenüber der in Amerika beliebten Halbspulenwicklung für Turbostromerzeuger eine Reihe von Vorteilen hat, die man höchstens dann aufgeben wird, wenn es nicht gelingen sollte, ihr auch da angenähert gleichwertige Eigenschaften zu verleihen, wo die Halbspulenwicklung überlegen ist. Es handelt sich dabei vor allen Dingen um die S t i r n r a u m v e r l u s t e, bedingt durch die Größe und Form des Stirnstreufeldes. Den Unterschied der beiden Wicklungsarten in dieser Hinsicht hat der Verfasser bereits früher ausführlich behandelt[4]). Die Überlegenheit der Halbspulenwicklung wird hier um so weniger ins Gewicht fallen, eine je geringere Rolle die Stirnraumverluste überhaupt spielen, d. h. insbesondere, je größer die axiale Länge der Maschine im Verhältnis zu ihrem Durchmesser ist. Aber auch abgesehen von diesem Verhältnis lassen sich die durch das Stirnstreufeld verursachten Verluste bei der Stabwicklung auf anderem Wege sehr stark herabsetzen, und zwar einmal mittels eines geblätterten (lamellierten) Schirmringes vor der Stirnwand, Abb. 6, der die Streulinien verhindert, in den vollen Preßdeckel einzutreten, und ihnen einen annähernd verlustfreien Weg in der Umfangsrichtung bietet; ferner erreicht man es mittels unmagnetischer Läuferbandagen. Außerdem kann man die Bügel, die, wenn man sie voll ausführt, erhebliche Zusatzverluste bedingen, unterteilen und dabei auch die Stabverbindung derart zer-

[3]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 5 S. 135.

[4]) P o h l, Das Stirnstreufeld der Turbogeneratoren und die Stirnraumverluste, AEG-Mitt. 1926 S. 326.

Abb. 5
Wickelkopf einer zweipoligen Halbspulen-Zweischichtwicklung.

Abb. 6
Geblätterter Streufeld-Schirmring.

legen, daß sowohl in den Bügeln wie in den Verbindungsstellen keine wesentlichen Verluste mehr entstehen. Auf diesem Wege läßt sich erreichen, daß man auch Einstabwicklungen, d. h. solche, in denen die ganze Nut von einem einzigen Stab ausgefüllt ist, Abb. 4 und 6, mit recht guten Eigenschaften in bezug auf die Höhe ihrer Verluste bauen kann. Solche Einstabwicklungen stellen natürlich in mechanischer Hinsicht und bezüglich ihrer Zugänglichkeit und leichten Wiederherstellbarkeit die günstigste Anordnung dar. Auch die Wicklungskosten und damit der Gesamtpreis der Maschine sind bei dieser Wicklungsart am niedrigsten.

Abb. 7 und 8 Schleifringverbindung für Läuferwicklungen aus Aluminium.

a Wicklungsausführung, *b* Unterlegring } aus Aluminium
c Isolierring *d* Schleifring aus Stahl
e Läuferwelle

Läufer

Der Läufer der 40 000 kVA-Maschinen unterscheidet sich nicht von dem schon öfter beschriebenen AEG-Läufer, gekennzeichnet durch fertig isolierte Preßspulen und eingesetzte Stahlblechzähne[5]). Bemerkenswert ist jedoch, daß bei diesen Grenzleistungsmaschinen die Läuferwicklung nicht aus Kupfer, sondern aus A l u m i n i u m besteht, weil von einer bestimmten Läuferumfangsgeschwindigkeit ab der leichtere Wicklungsstoff trotz seines höheren elektrischen Widerstandes nicht nur zu mechanisch günstigeren Verhältnissen führt, sondern auch vom elektrischen und thermischen Gesichtspunkt aus vorzuziehen ist, dank einer wesentlich besseren Raumausnutzung der Läufernuten. Dies erklärt sich wie folgt:

[5]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1888.

Die Höhe des die Läufernuten verschließenden Bronzekeiles übersteigt u. U. bei weitem das durch seine eigene mechanische Festigkeit vorgeschriebene Maß; denn sie ist auch durch die Dicke der die Wickelköpfe halten den Bandage oder Kappe bedingt. Bei Kupferwicklung sind nun die Bandagen sehr dick und daher die Keile sehr hoch; man hat hier mit einem spezifischen Gewich der Leiter von 8,9 bei einer Leitfähigkeit von 60 zu rechnen. Aluminium hat demgegenüber ein spezifisches Gewicht von nur 2,6 bei einer Leitfähigkeit von 35. Für die gleiche Temperaturerhöhung der Spulen bei gegebener Stromstärke muß man die radiale Höhe einer Aluminiumspule angenähert im Verhältnis $\sqrt{\frac{60}{35}} \approx 1,$ gegenüber der Kupferspule vergrößern. Das Gewich einer solchen Aluminiumspule ist aber nur das $\frac{1,3 \cdot 2,}{8,9}$ fache, beträgt also rd. 40 vH des Kupferspulengewichtes. In gleichen Maße sinken die Fliehkräfte, und man kann di Dicke der Läuferbandage und mit ihr die Höhe der Nu tenkeile sehr stark verringern. So wird u. U. meh Nutenraum verfügbar, als für die Erhöhung der Spulen erforderlich wäre.

Man erkennt hieraus ohne weiteres, daß sich für eine gegebene Bauart von einer bestimmten Umfangsgeschwindigkeit ab sowohl mechanisch wie elektrisch günstigere Verhältnisse für Aluminium als für Kupfer ergeben. Jedenfalls werden bei gleicher Temperaturerhöhung der Wicklung die mechanischen Beanspruchungen sowohl in der Bandage, wie besonders in den Läuferzähnen und im Läuferkörper allgemein beträchtlich niedriger, und man erhält einen Läufer, der sich auch durch hohe mechanische Sicherheit auszeichnet.

Bei der Herstellung der Aluminiumwicklungen werden die Spulenverbindungen nicht gelötet, sondern mit einander verschmolzen; jede Verbindungsstelle wird in der Werkstatt nachgeprüft und gestempelt. Eine besondere Schwierigkeit bildet die Verbindung der Aluminiumwicklung mit den Stahlschleifringen. Man vermeide die bekanntlich leicht zu Korrosionen Veranlassung gebenden Schraub- oder Lötverbindungen des Aluminiums mit einem andern Leiterwerkstoff, indem man die aus Aluminium bestehende Wicklungsausführung mit einem von der Welle isolierten Aluminiumunterlegring verbindet, auf den man den Stahlschleifring unmittelbar aufschrumpft, Abb. 7 und 8[6]). Damit sich zwischen Aluminiumring und Stahlring keine isolierende Oxydschicht bildet, muß man die Oberfläche des Aluminiumringes einer besondern Behandlung unterwerfen Diese Bauart sichert erfahrungsgemäß einen dauernd guten elektrischen Kontakt zwischen den beiden Metallen.

[6]) DRP Nr. 249 731.

[B 1577]

Kohlentrockner

Die Aufgabe, die Feuchtigkeit in Feinkohlen, die aus der Wäscherei kommen, herabzusetzen, hat die Ingenieure seit langem beschäftigt. Bis zu 6,3 mm Korngröße herab ist der Feuchtigkeitsgehalt durch Ablaufbehälter leicht zu vermindern, unterhalb dieser Korngröße sind diese kaum noch zu gebrauchen und bei Schlammkohlen versagen sie vollkommen. Um den Feuchtigkeitsgehalt der Schlammkohlen auf etwa 10 vH herabzusetzen, muß ein mechanischer Trockner verwendet werden. Das Ausbringen an Feinkohlen unter 4,8 mm Korngröße beträgt etwa 5 vH der Gesamtförderung. Der Kohlentrockner besteht aus einer Anzahl an der Ober- und Unterseite bearbeiteter gußeiserner Rahmen, in denen je ein oben offener 2440 mm langer, 254 mm breiter und 178 mm tiefer Trog, der als Geschwindigkeitsverminderer dient und ungefähr 450 kg Kohle faßt, umläuft. Jeder Trockner kann daher aus so viel Rahmen aufgebaut werden, wie dies der Grad der verlangten Trocknung und der ursprüngliche Feuchtigkeitsgrad erfordern.

Die Kohlen werden in einen zylindrischen Fülltrichter, der sich über dem obersten Trog befindet, eingefüllt. In dem Fülltrichter befindet sich ein Drehkreuz, das den Fülltrichter nach oben gasdicht abschließt und das so viel Kohle enthält, als ein Trog fassen kann. Die Tröge und das Drehkreuz sind durch Zahnräder verbunden. Der unterste Rahmen hat einen Gaseinlaßstutzen, der oberste einen Gasauslaßstutzen. Einen in Betrieb befindlichen Trockenofen der Barrowgrube hat man mit Koksofengas beheizt, das in einem 2285 mm langen und 200 mm breiten Vorverbrennungsraum verbrannt wird. Den Verbrennungsraum hat man an dem einen Ende mit sechs Reihen Bunsenbrennern ausgerüstet; er ist nach Art der Regeneratoren mit feuerfesten Steinen ausgelegt. Die Temperatur im Verbrennungsraum wird auf ungefähr 600 °C gehalten; beim Austritt aus dem Trockenraum beträgt sie ungefähr 110 °C. Das Koksofengas kommt mit einem Überdruck von etwa 200 bis 250 mm W.-S. in die Brenner. Die Verbrennungstoffe werden mittels eines Lüfters bei 25 mm W.-S. Unterdruck durch den Trockenofen gezogen. Die Verteiler und die Tröge, die einzigen beweglichen Teile am Ofen, werden von einem 5 PS-Motor über ein Getriebe betätigt, das die Umlaufzahl von 960 auf 0,75 U/min herabsetzt. („Iron and Coal Trades Review" Bd. 114 (1928) S. 973.) [N 1786 f] Ste.

Zur Kenntnis der Streckgrenze von Stahl

Von *W. Kuntze* und *G. Sachs*

Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt und dem Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem.

Fließfiguren und Geometrie der Verformung — Einfluß der Stabbearbeitung sowie des Alterns — Wesen des Zusammenbruchs an der Streckgrenze — Höhenlage der Streckgrenze im Schaubild — Werkstoff und Probenentnahme — Versuchsgeschwindigkeit und Lastanzeige

Der neue hochwertige Siliziumbaustahl[1]) zeigt eine sehr ausgeprägte Streckgrenze, was daran erkenntlich ist, daß sowohl der Lastabfall als auch besonders das zackige, annähernd wagerecht verlaufende Schaubildgebiet von bedeutender Größenausdehnung ist. Wir haben daher diesen Werkstoff für besonders geeignet gehalten, den Verformungen, die bei Sichtbarwerden der Fließfiguren entstehen, genauer nachzugehen. Solche Untersuchungen liegen bisher noch nicht vor.

Fließfiguren und Geometrie der Verformung

Es ist ja allgemein bekannt, daß das einsetzende starke Fließen meist an einer, bisweilen auch an mehreren Stellen der Staboberfläche Zeichnungen hervorbringt, die sich dann schnell über den Stab ausbreiten. Diese Fließfiguren sind Oberflächenspuren von Fließvorgängen, bei denen sich Werkstoffschichten gegeneinander verschieben. Sie bilden oft eigenartige regelmäßige Zeichnungen, Abb. 1 und 2, die sich als Durchkreuzungen zeitlich aufeinander folgender Abschiebungen, die unter etwa 50° zur Achse vor sich gehen, deuten lassen. Wegen der Ungleichmäßigkeit des technischen Materials in verschiedenen Richtungen[1a]) bevorzugen

[1]) s. Nr. 26 dieser Zeitschrift S. 918.
[1a]) W. Kuntze u. G. Sachs, „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 219.

Abb. 1 und 2
Fließfiguren an einem Zugstab aus Siliziumstahl (Vorder- und Rückseite).

Abb. 3 (links)
Fortschreiten des Einbruches an der Streckgrenze. (Der Unterschied gegenüber dem ursprünglichen Stab ist schraffiert.)

Abb. 5
Ausbildung der Brucheinschnürung.

Abb. 4 (links)
Teilbild des Last-Dehnungs-Schaubildes (zu Abb. 3).

Abb. 6
Last-Dehnungs-Schaubild.

Abb. 3 bis 6
Profile eines Rundstabes aus Siliziumstahl nach verschiedenen Dehnungen.

Abb. 7
Einbruch bei einem Flachstab aus Siliziumstahl ohne Stabköpfe.

Abb. 9
Last-Dehnungsschaubild eines Stabes aus Elektrolyteisen (zu Abb. 8).

Abb. 8 (links)
Längsprofile eines Rundstabes aus Elektrolyteisen nach verschiedenen Dehnungen.

dabei die Abschiebungen oft, wie Abb. 1 und 2 zeigen, gewisse Lagen im Werkstoff, geben also in verschiedenen Ansichten ein wechselndes Bild.

Diese Fließfiguren entsprechen nun einem einschnürartigen Einbruch des Werkstoffes, der sich, wie die im folgenden beschriebenen Versuche zeigen, bei annähernd gleichbleibender Last nach und nach über den ganzen Stab ausbreitet. Ist der Stab infolgedessen wieder gleichmäßig geworden, so tritt mit steigender Last eine sich gleichzeitig über den ganzen Stab ausstreckende gleichmäßige Dehnung ein, in der sich allmählich die Stelle der endgültigen Brucheinschnürung bemerkbar macht.

Dieser Normalfall, in Abb. 3 bis 6 veranschaulicht, ist an die Bedingung geknüpft, daß das Schaubild eine wagerechte Strecke aufweist, Abb. 4. In dem vorliegenden Falle brach der Stab bei Erreichung der Streckgrenze an dem einen Ende um 1,2 vH des Durchmessers zusammen, der Querschnitt verjüngte sich also um 2,5 vH, Abb. 3. Da der Werkstoff sehr gleichmäßig war, verjüngte sich dann bei fortschreitender Dehnung der restliche Stab unter annähernd gleicher Last überall um den gleichen Betrag, Längsprofile 1 bis 7, Abb. 3. Nachdem dieser Vorgang abgeschlossen war, stieg die Last sofort an, Abb. 4. Die Länge der Wagerechten im Schaubild, d. i. die Größe der Dehnung während annähernd gleichbleibender Last, entspricht also der Größe des ersten Einbruchs, aus dessen Tiefe sie sich dadurch leicht berechnen läßt, daß das Volumen während der Dehnung praktisch erhalten bleibt. Abb. 5 und 6 zeigen den weiteren Verlauf der Kräfte und Formänderungen bis zum Bruch, der sich in der Mitte des Stabes ausbildet.

Den Einbruch bei einem Flachstab ohne verbreiterte Köpfe veranschaulicht Abb. 7, in der die Längsprofile in der Dicken- und Breitenrichtung nach 1,5 vH Dehnung aufgezeichnet sind. Man erkennt Einbrüche, die an beiden Stabenden begonnen haben. Die Verhältnisse liegen sonst ähnlich wie beim Rundstab; nur ist in der Dickenabmessung der Einbruch verhältnismäßig größer als in der Breitenabmessung[2]).

Auch bei Elektrolyteisen, das eine wesentlich kürzere Wagerechte im Schaubild aufweist als der zuvor besprochene Siliziumstahl, liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei diesem, Abb. 8 und 9. Aus Abb. 8, für einen Rundstab, ersieht man, daß der Einbruch an beiden Enden begonnen hat (Profil 1) und dann der stehengebliebene mittlere Teil abgeböscht worden ist (Profil 2). Das Längsprofil des Stabes war danach und auch bei etwas weiter fortgeschrittener Dehnung (Profile 3 und 4) ganz ähnlich dem ursprünglichen Profil, so daß also die Verjüngungen der einzelnen Querschnitte sehr gleich ausfielen, wenn auch die Gestalt des Stabes etwas unregelmäßig war (vergl. auch Abb. 16).

Die Gleichmäßigkeit eines Werkstoffes prägt sich, wie Abb. 3 bis 6 gezeigt haben, im Profilbild des gedehnten Stabes scharf aus. Und ebenso ungleichmäßig, wie der Stab in Abb. 10 sich mit fortschreitender Dehnung abböschte (Profile 1 bis 4), veränderte sich auch dabei die jeweilige Last. Und zwar zeigte es sich, daß bei ver-

Abb. 10, 12, 14

Abb. 11, 13, 15

Abb. 10 bis 15. Längsprofile und Last-Dehnungs-Schaubilder verschiedener ungleichmäßiger Stähle.

[2]) Vergl. W. Kuntze und G. Sachs, a. a. O.

Abb. 16
Längsprofile eines ungleichmäßig bearbeiteten Rundstabes mit langem Stabkopfübergang (C-Stahl).

hältnismäßig tiefen und steilen Einbrüchen die Last höher war, als bei flachen und weniger tiefen Böschungen, Abb. 11.

Schließlich sind noch in Abb. 12 bis 15 Beispiele für Stoffe mit wenig ausgesprochener Streckgrenze gegeben. In Abb. 12 sind Einbrüche an beiden Enden, sowie eine Wagerechte im Schaubild, Abb. 13, nur noch andeutungsweise zu erkennen. Bei dem in Abb. 14 wiedergegebenen Stab konnten weder eine Wagerechte noch Einbrüche durch Messungen festgestellt werden, obwohl ein Knick im Schaubild noch sichtbar ist. Die Ungleichmäßigkeit dieses Stabes drückt sich darin aus, daß sich das Profil nicht wie in Abb. 3 parallel verschiebt, sondern von vornherein mit allmählichem Übergang nach dem einen Stabende zu stärker dehnt. Hier bildete sich dann auch der endgültige Bruch aus.

Einfluß der Stabbearbeitung

In der Regel liegt die Stelle des ersten Einbruchs in der Nähe der einen Einspannung. Die Verringerung des Durchmessers in der Mitte, die öfters entsprechend Abb. 16 bei der üblichen Bearbeitung von Stäben eintritt, reicht meist nicht aus, um die Einbruchstelle in die Mitte des Stabes zu verlegen. Der Einfluß der Einspannung, sei es der Keile, sei es des Überganges zum Stabkopf, ist eben stärker; dagegen bestimmen solche Schwankungen des Durchmessers meist die Lage des endgültigen Bruches.

Durch eine genügende Schwächung des Querschnittes an irgendeiner Stelle des Stabes läßt sich natürlich der erste Einbruch an dieser Stelle erzwingen. Ebenso geht, wenn eine Stelle des Stabes durch Körnerschläge verletzt ist, nun der Einbruch, wie Abb. 17 zeigt, von dieser Stelle aus. Bei diesem Versuch lag die Last an der Streckgrenze, die beim ungekörnten Stabe 15,6 vH über dem Gebiete gleichbleibender Last (Wagerechte) gelegen hatte, nur 2 vH über diesem. Zwei weitere Versuche, bei denen der Stab so weit abgedreht wurde, daß die eingekörnten Stellen verschwunden waren, so daß der Stab wieder zylindrisch und äußerlich unverletzt war, ergaben ebenfalls den Einbruch in der Mitte des Stabes. Dieser ist also von der gekörnten Stelle bestimmt. Dabei wies aber die Last eine Überhöhung von einmal 15 vH, das andere Mal 13 vH auf, die ein wenig geringer ist, als die Überhöhung beim ursprünglichen Stab, 15,6 vH. Durch Andrehen eines schlankeren Übergangs zum Stabkopf ließ sich die Überhöhung des nicht gekörnten Stabes noch auf 21 vH steigern.

Abb. 18
Längsprofile eines angereckten und gealterten Rundstabes (Si-Stahl).

Abb. 17
Einbruch bei einem in der Mitte gekörnten Rundstabe mit Gewindeköpfen (Si-Stahl).

Einfluß des Alterns

Zur Vervollständigung der Beobachtungen wurde noch in zwei Fällen der Einfluß des Alterns auf angereckte Stäbe verfolgt. In Abb. 18 ist die Profiländerung eines Rundstabes wiedergegeben, der zunächst entsprechend Profil 1 vorgereckt wurde. Der Stab wurde dann bei 100 ° 7 h geglüht, wodurch (ähnlich wie durch langes Lagern bei gewöhnlicher Temperatur) der verformte Werkstoff altert und dadurch härter und spröder wird. Bei erneuter Belastung schreitet die Verformung jedoch so weiter, als ob keine Behandlung eingeschaltet wurde, Profile 2 und 3. Was jedoch die Last anbetrifft, so ist jetzt wieder eine Überhöhung vorhanden von etwa 6 vH gegenüber 25 vH im ursprünglichen Zustand. Dann geht die Last annähernd auf den Wert der ursprünglichen Wagerechten herab. Der verformte Werkstoff ist also durch Tempern nicht geändert worden. Mit steigender Belastung dehnt sich dann die nicht gealterte Stabhälfte gleichmäßig weiter, Profile 4 und 5. Bei einer bestimmten Last entsteht ein neues Abböschen, Profil 5, im gealterten Gebiet. Dabei tritt auch wieder ein geringer Lastabfall ein, 2,6 vH, mit neuer kleiner Wagerechten, Abb. 19 Punkt 5. Im weiteren Verlauf der Dehnung eilt dann stets die Verjüngung des vor dem Altern unverformten Stabteiles derjenigen des gealterten voraus, Profile 6 und 7, und dort bildet sich auch später die Brucheinschnürung aus.

Das Wesen des Vorganges wird, wie Abb. 20 veranschaulicht, durch ein Abdrehen des Stabes vor oder nach dem Altern nicht geändert. Nicht anders verläuft auch die Verformung, wenn nur abgedreht und nicht getempert wird, Profile 1, 1a und 2. Auch in diesem Falle bricht der Werkstoff des vorher unverformten Stabteiles dort ein, wo die vorherige Reckung ihr Ende erreicht hatte. Das gleiche Bild wiederholt sich nach nochmaligem Abdrehen und Altern, Profile 2, 2 a und 3. In den Kraftverhältnissen ist nur insofern ein geringer Unterschied festzustellen, als die Überhöhung nach dem Altern des gereckten Teiles beim Weiterdrehen des nicht gealterten Teiles 6,3 vH ausmachte, gegenüber 3,8 vH bei nur abgedrehtem Stabe (und 18 vH beim ursprünglichen). Das nun folgende weitere Recken zeigt in Übereinstimmung mit dem vorherigen Versuch zunächst gleichmäßiges Dehnen der nicht gealterten Stabhälfte, Profil 4, und dann wieder Einbrüche — diesmal an zwei Stellen — im gealterten Stabteil, Profil 5, verbunden mit einem Lastabfall von 1 vH und einer neuen Wagerechten im Schaubild, Abb. 21 bei 5.

Wesen des Zusammenbruches an der Steckgrenze

Überblickt man die Versuchsergebnisse, so drängt sich zwingend der Eindruck auf, daß hier wichtige Merkmale eines spröden Bruches vorliegen. Während der

Abb. 19
Spannung-Dehnungs-Schaubild (zu Abb. 18).

Abb. 20
Längsprofile eines mehrfach angereckten und abgedrehten sowie gealterten Rundstabes (Si-Stahl).

Abb. 21 Spannung-Dehnungs-Schaubild (zu Abb. 20).

Bruchfließkegel sich in der Regel an der ursprünglich weichsten oder dünnsten Stelle des Stabes ausbildet, entsteht der Einbruch an der Streckgrenze — ebenso wie der Bruch eines spröden Werkstoffes — bei einem einwandfreien Probestab fast immer am Stabkopfe[3]). Nach Martens[4]) verhindert ein Stabkopf die Querzusammenziehung und erzeugt mithin für einen bildsamen Stoff größere Festigkeitswerte als im freien Stabteil, wo bei ungehinderter Querdehnung der Stab reißen muß. Ein spröder Stoff hingegen weist diese Überlegenheit der Stabköpfe nicht auf, weil er zu geringes oder kein Dehnungsvermögen hat; er wird deshalb infolge ungleichmäßiger Spannungsverteilung an der Einspannung reißen. Verletzungen bestimmen bei spröden Stoffen ebenfalls die Lage des Bruches.

Beim weichen Stahl erfolgt also an der Streckgrenze oft ein Einbruch an einer durch äußere Umstände bestimmten Stelle und breitet sich dann über den ganzen Stab aus. Bei weiterem Recken treten neue Einbrüche, wie wir gesehen haben, nicht wieder auf. Wird jedoch der angereckte Stab bei niedriger Temperatur gealtert, so hat der verformte Stabteil die Fähigkeit wiedergewonnen, Einbrüche zu erzeugen. Nach unsern Versuchen ist nach siebenstündigem Tempern bei 100° die Tiefe der Einbrüche etwa halb so groß als die ursprüngliche. Mithin ist auch die neu im Schaubild auftretende Wagerechte etwa halb so lang wie die ursprüngliche. Dies deckt sich mit Beobachtungen von Ludwik[5]), der die Alterung bei höherem Reckgrade im Gebiete des Lastanstieges verfolgt hat.

Die von Ludwik u. a. erwähnte Möglichkeit, das Auftreten der Streckgrenze durch Zementitbrüche im Stahl zu erklären, klingt auch nach diesen Feststellungen zunächst sehr wahrscheinlich. Allerdings ist es nach den gegenwärtigen Kenntnissen schwer vorstellbar, daß eine beträchtliche Ausheilung der Zementitbrüche bei den niedrigen Temperaturen des Alterns eintritt. Es bleibt die von Ludwik bevorzugte Vermutung zu erwägen, daß geringes Dehnen den Anstoß gibt zu einer Neuausscheidung von Zementit in disperser Form, da der Ferrit bei gewöhnlicher Temperatur an Kohlenstoff übersättigt ist[6]). Und schließlich könnte man daran denken, daß die bei der Abkühlung des Stahles von den üblichen Glühtemperaturen vor sich gehende Umwandlung des Austenits in die bei Raumtemperatur beständige Form nicht ganz vollständig abläuft und wiederum infolge der Dehnung die Weiterführung des Vorganges ausgelöst wird, wobei spröder Martensit entsteht. Es geht über den Rahmen unserer Arbeit hinaus, den Vorstellungen im einzelnen nachzugehen; jedenfalls stehen die angeführten Anschauungen nicht im Widerspruch mit der von uns gemachten Feststellung eines spröden Bruches.

Abb. 22
Längsprofil eines Kupferstabes nach verschiedenen Dehnungen.

[3]) Im Gegensatz zu Stahl dehnt sich ein Stoff, der wie Kupfer keine ausgesprochene Streckgrenze hat, von Beginn der Belastung an nahezu gleichmäßig über seine ganze Länge. Der in Abb. 22 aufgezeichnete Verlauf des Versuches an einem Kupferstab ist besonders noch dadurch bemerkenswert, daß die geringen Ungleichmäßigkeiten des an sich sehr guten Werkstoffes (Elektrolytkupfer 99,84 vH Kupfer mit gleichmäßiger Oxydulverteilung) sich bei der Dehnung im Stabprofil in wachsendem Maß ausprägen, Profile 1 bis 4. Der Stab besteht also sozusagen aus weicheren und härteren Querschnitten. Die weicheren eilen der Verformung voraus, bis sie durch die fortschreitende Verfestigung die gleiche Last tragen können wie die härteren. Und zwar müssen sie nun härter sein als die ursprünglich härteren, da die Verfestigung ja auch die stärkere Querschnittschwächung ausgleichen muß. Dies zeigt sich scharf nach dem Abdrehen des Stabes auf zylindrische Gestalt Profil 4a. Weiteres Dehnen führt jetzt zu einem Profilbild 5, das nahezu ein Spiegelbild des vorangehenden Reliefs 4 ist, und werden die Versuche bis zum Bruch durchgeführt, so bestimmen die nunmehr schwächeren Stellen die Lage der Brucheinschnürungen, Profil 6.

[4]) A. Martens, Handbuch der Materialienkunde, Berlin 1898, Abs. 103.

[5]) P. Ludwik und R. Scheu, Ber. Werkstoffausschuß des Vereines deutscher Eisenhüttenleute (1925); P. Ludwik, Z. Bd. 70 (1926) S. 379.

[6]) G. Masing, Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 5 (1927) S. 188; G. Masing und L. Koch, Wiss. Ver. Siemens-Konzern Bd. 6 (1927) S. 202.

Der Fließbeginn wird häufig als eine Verzugs-scheinung angesehen[7]). Nach unserer Auffassung ent-eht ein Verzug des Fließens durch die hohe Festigkeit nes spröden Bestandteiles. Betont sei, daß die wirkliche reckgrenze durch die Festigkeit des spröden Stoffes auf nen hohen Wert festgelegt ist, der meist praktisch in-lge der beschriebenen Störungen nicht erreicht wird. s ist aber dann nicht angängig, den Mindestwert als ysikalisch wahren Wert anzusehen und die Überhöhung s eine durch Verzug bewirkte Störung zu erklären.

Höhenlage der Streckgrenze im Schaubild

Es bedarf noch einer kurzen zusammenfassenden Er-terung, welche Schlüsse aus den Lastbeobachtungen bei n Versuchen gezogen werden können. Die Verfolgung r geometrischen Vorgänge zeigt, daß bei einem gleich-äßigen Abbröckeln des Stabes die dazu gehörige Kraft eichbleibt, im Schaubild also als wirkliche Wagerechte Erscheinung tritt, und daß dieses Schaubildgebiet ark zackig oder geneigt erscheint, wenn innerhalb der tablänge der Werkstoff sich ändert. Dagegen kann der rste Einbruch durch eine wesentlich höhere Last ein-eleitet werden, die bis zur vollständigen Abböschung icht wiedererreicht wird. Auch wenn der Versuch für urze Zeit unterbrochen war, stellt sich die unmittel-ar vorher im wagerechten Gebiet wirksam gewesene ast ein. Nur durch Einschalten einer besonderen Be-andlung tritt auch dann wieder wenigstens teilweise eine berhöhung auf. Diese betrug sowohl beim Altern eines ngeböschten Stabes, also mit ungleichmäßigem Längs-rofil, als auch eines darauf auf genaue zylindrische Ge-alt abgedrehten Stabes, als auch schließlich eines nach em Abböschen nur abgedrehten Stabes (wobei aber eine lterungswirkung wahrscheinlich ist) etwa 5 vH (6,6 und vH gegenüber etwa 20 vH bei den ursprünglichen Stä-en). Es findet also, wie schon erwähnt, teilweise eine eilung statt.

Durch das Körnen der Stabmitte läßt sich daselbst in Einbruch erzwingen und die Überhöhung kann völlig ernichtet werden. In unserm Falle betrug sie nur noch vH. Durch Abdrehen auf zylindrische Gestalt nach vor-ngehender Körnung konnte wieder eine starke Über-öhung mit 13 und 15 vH hervorgerufen werden, wobei er Einbruch aber in der Mitte blieb. Der ursprüngliche tab hatte bei einem kurzen abgerundeten Stabkopfüber-ang eine Überhöhung von 15,6 vH; durch Andrehen eines ngen allmählichen Stabkopfüberganges konnte eine berhöhung von 21 vH hergestellt werden. Das Ab-röckeln ging in allen Fällen bei annähernd gleicher ast vor sich (Wagerechte), so daß nur die einleitende öhere Last (obere Streckgrenze) wechselte.

Wir können aus diesen Versuchen, die immer wieder nit demselben Stab nach vorangehendem Ausglühen vor-enommen wurden, schließen, daß die eigentliche Werk-toffestigkeit des Stahles durch den Wert der sogenann-n oberen Streckgrenze angegeben wird. Es bleibt die rage offen, wie hoch dieser Wert theoretisch liegt, da aus dem Schrifttum[8]) bekannt und durch unsre Ver-che, die noch durch eine Reihe nicht veröffentlichter rgänzt wurden, bestätigt ist, daß die obere Streckgrenze starkem Maße von der Gestalt des Stabes beeinflußt ird. Was den Einfluß des Stabkopfes anbetrifft, so müßte sich, wie oben ausgeführt, bei einem plastischen Stoff infolge der gehinderten Querbewegungen ein zu hoher Wert, bei einem spröden Stoff, infolge der ungleich-mäßigen Spannungsverteilung ein zu geringer Wert der Werkstoffestigkeit ergeben. Daß nur das letztere hier zutrifft, führt wieder zur Schlußfolgerung, daß das Auf-treten der Streckgrenze auf dem Bruch eines spröden Be-standteiles beruht. Den theoretischen Höchstwert der Streckgrenze würde dann ein vollkommen zylindrischer gleichmäßig beanspruchter Stab haben, ein Fall, der aber praktisch unmöglich ist, da durch eine Einspannung die Gleichmäßigkeit der Spannungsverteilung vernichtet wird. Stäbe ohne Köpfe, die mit Keilen eingespannt sind, zeigen aus diesem Grunde stets eine starke Herabsetzung der oberen Streckgrenze. Dies gilt für Rundstäbe und für Flachstäbe. Verbreiterte Köpfe mildern auch bei Keil-einspannung diese Wirkung.

[7]) E. Heyn, „Metall und Erz", Bd. 15 (1919) S. 413; M. Moser, Ber. erkstoffausschuß des Vereines deutscher Eisenhüttenleute Nr. 96 (1926); rschungsarb. des Vereines deutscher Ingenieure, Heft 295 (1927) S. 74.

[8]) C. Bach, Z. Bd. 48 (1904) S. 1040, Bd. 49 (1905) S. 615; F. Kör-er, Zwangl. Mitt. d. deutschen Verb. f. d. Materialprüf. d. Technik . 8 (1926) S. 88.

Abb. 23
Veränderung der Streckgrenze einer Vierkantstange (66 × 20) aus Siliziumstahl nach Bearbeitung zu Flachstäben und Rundstäben.

Werkstoff und Probenentnahme

Der zu den Versuchen verwendete Siliziumstahl stellt eine sehr günstige Unterlage für die Erkenntnisse etwaiger Gesetzmäßigkeiten dar, da Beeinflussungen der oberen Streckgrenze bis zu 27 vH beobachtet werden konnten. Bei andern Stahlsorten ist die Streckgrenze im allgemeinen weniger ausgesprochen; wir führen das dar-auf zurück, daß die Festigkeitsbeziehungen zwischen dem spröden und dem plastischen Bestandteil des Eisens ver-schieden sein können. Ein Versuch, durch Eingießen von Messingdraht in Zinn und von Stahldraht in Kupfer einen künstlichen Verbundstab herzustellen und die Überhöhung herbeizuführen, führte zu keinem befriedigenden Er-gebnis.

Auch beim Siliziumstahl hängt die Überhöhung unter Ausschaltung von Störungen durch die Stabform von noch nicht erkannten gegenseitigen Veränderungen dieser beiden Faktoren, der Festigkeit des spröden und des plastischen Bestandteiles ab. Schon ein gereckter und alsdann unter Wärmebehandlung gealterter Siliziumstahl zeigt wohl eine Gesamterhöhung der Streckgrenze, aber auch bei günstigen Stabformen keine Überhöhung mehr. Bei Profilen geringer Walzdicke wurde dementsprechend verschiedentlich bei verhältnismäßig hoher Lage der Streckgrenze keine Überhöhung beobachtet.

Auch die Art der Probenentnahme ist von erheblichem Einfluß, da bei Entnahme von Flachstäben verschiedener Größe und aus verschiedenen Stellen von Profilen, wie aus Abb. 23 und 24 hervorgeht, stark schwankende Meß-ergebnisse festgestellt wurden. Dabei zeigte sich, daß nur die obere Streckgrenze Schwankungen unterworfen ist, wohingegen der Spannungswert während des fortschrei-tenden Einbruchs, der in den Abbildungen als untere Streckgrenze bezeichnet wird, unverändert blieb.

Versuchsgeschwindigkeit und Lastanzeige

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Streckgrenze um so höher beobachtet worden ist[9]), je größer die Belastungsgeschwindigkeit ist. Auch bei

[9]) F. Körber, a. a. O.; E. H. Schulz und H. Buchholtz Mitt. d. Versuchsanst. d. Ver. Stahlwerke Bd. 2 (1926) S. 1.

Abb. 24 und 25
Abhängigkeit der Streckgrenze eines Flach-stabes von der Probenlage (Si-Stahl).

unserem Versuchswerkstoff, sowohl Siliziumstahl, als auch weichem Stahl (Krupp WW), konnte bei schnelllaufender Maschine $\sim 180 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}/\text{min}$ leicht eine Erhöhung von 10 vH gegenüber den Werten bei üblicher Versuchsgeschwindigkeit festgestellt werden.

Es liegt dabei der Einwand nahe, daß bei größerer Versuchsgeschwindigkeit die Lastanzeige an der Prüfmaschine infolge der Trägheit der sich bewegenden Maschinenmassen unrichtig wird. Dies dürfte besonders bei der Pendelwaage, die für unsere genaueren Versuche benutzt wurde, der Fall sein.

Um die Frage zu klären, wie weit die Spannungsanzeige der Maschine mit Pendelwaage die wirklichen Widerstandsverhältnisse im Probestab wiedergibt, führten wir folgende Versuche aus. Zwischen den Probestab und die Lastanzeige einer Maschine mit Neigungswaage wurde ein geeichter elastischer Kontrollstab geschaltet. Bei schnellaufender Maschine (20 t/min), einer Geschwindigkeit, die der üblichen schnellen Zerreißgeschwindigkeit in der Praxis entsprechen möge, wurde die Lastanzeige mittels Spiegelablesungen am geeichten Stabe nachgeprüft. Unterhalb der Streckgrenze ergab sich für alle Lasten innerhalb der Meßablesegenauigkeit völlige Übereinstimmung. Die an der Lastanzeige abgelesene obere Streckgrenze lag 0,5 vH oberhalb des durch den Kontrollstab angegebenen Wertes. Diese Abweichung ist so gering, daß sie ebenfalls die Meßgenauigkeit nicht überschreitet.

Infolge des Zusammenbruches an der Streckgrenze geriet die Neigungswaage in starke Schwingungen, die sich in der mit ihr verbundenen Lastanzeige ausdrückten. Der Kontrollstab verzeichnete diese Schwingungen als Lastschwankungen überhaupt nicht; er machte nur in unverändert angespanntem Zustande die Schwingungen als solche mit. Die Spiegelablesung fiel vom Wert der oberen Streckgrenze ziemlich plötzlich auf einen unteren ab und verblieb dort einige Zeit auf einem wenig veränderlichen Wert, bis schließlich nach Aufhören der Schwingungen wieder Lastanzeige und Spiegelablesungen übereinstimmten. Der durch die Schwingungen hervorgerufene Mindestwert der Lastanzeige, wie er in Schaubildern oft auftritt, hat also keinerlei physikalische Bedeutung und zeichnet sich im Schaubild nur daher ab, daß beim Zusammenbruch an der oberen Streckgrenze der Gleichgewichtzustand zwischen der Anspannung der Prüfscheibe und dem inneren Widerstand des Werkstoffes für einen Augenblick gestört ist. Die Maschine entspannt sich und durch die Entlastungswege gewinnen ihre Massen Bewegungsenergie, die zwar die beweglichen Maschinenteile samt Stab in Schwingungen versetzen, aber im Stab selbst nicht die an der Lastanzeige sichtbaren Spannungsänderungen hervorzurufen brauchen. Die tiefste Entlastungsangabe liegt also unterhalb des wirklichen Widerstandes des Werkstoffes. Erst wenn die Schwingungen aufgehört haben und sich der Stab langsam weiterdehnt, gibt die Lastanzeige den richtigen Widerstand des Werkstoffes an.

Bei Maschinen mit Manometeranzeige sind die bewegten Massen verhältnismäßig gering; und dem entspricht, daß an solchen Maschinen Schwingungsstörungen im Schaubild kaum beobachtet werden. Bei Maschinen schließlich, bei denen die Lastanzeige besonders bedient werden muß, z. B. mit Laufgewichtwaage, tritt der Schwingungsabfall im Schaubild bei laufender Maschine überhaupt nicht auf, da er wegen der geringen Zeitdauer nicht oder nur ganz unvollkommen aufgezeichnet werden kann.

Bis auf die Schwingungen, die an dem logarithmischen Abklingen nach Abb. 26 erkenntlich sind, ist also das Schaubild in bezug auf die Lastanzeige in den meisten Fällen praktisch richtig. Nur Maschinen mit weitausschlagendem Pendel geben insofern falsche Lastanzeigen, als der ganze Abfall an der Streckgrenze kaum in Erscheinung tritt, weil die notwendigen Entlastungswege der mit dem Pendel gekoppelten Lastanzeige größer sind, als es die Verlängerung des Stabes an der Streckgrenze zuläßt.

*

Die vorliegende Abhandlung hatte lediglich de Zweck, die physikalische Bedeutung der natürliche Streckgrenze für den Werkstoff an sich näher zu unte suchen. Auf die Frage, ob der Streckgrenze eine Bede tung für die zulässige Beanspruchung bei Konstruktion teilen zuzusprechen ist und ob diese Bedeutung dadurc eingeschränkt sein könnte, daß die Streckgrenze prü technisch mehr oder weniger schwer und ungenau zu e fassen ist, kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nich eingegangen werden.

Herrn Prof. Memmler danken wir für die Unte stützung der Versuche. Seine auf Grund langjährige Erfahrungen gewonnenen Anschauungen decken sich auc mit den von uns gegebenen Erklärungen.

Zusammenfassung

An einer Anzahl Proben aus Stahl, besonders Sil ziumstahl, wurden die Querschnittänderungen über de gesamten Stablänge bei Überschreitung der Streckgrenz verfolgt. Die ersten starken bleibenden Verformunge treten meist unter Lastabfall einschnürartig an eine Stelle des Stabes ein. Dann erweitert sich der Einbruc (bei gleichmäßigem Werkstoff unter annähernd gleicl bleibender Last), bis der Stab in seiner ganzen Läng wieder zylindrisch geworden ist. Die weitere Verfo

Abb. 26 Abklingen von Schwingungen im Last-Dehnungs-Schaubild an der Streckgrenze.

mung ist dann wie von vornherein bei andern Stoffen ei gleichmäßiges Dehnen der ganzen Stablänge unter Las anstieg.

Der erste Einbruch wurde als Bruch eines spröde Bestandteiles gedeutet, besonders, da der Ort des erste Einbruchs immer am Stabkopf oder einer nur geringfügi verletzten Stelle lag, während sich die endgültige Brucl einschnürung in der Regel in der Stabmitte oder an de schwächsten Stelle des Stabes ausbildet. Allerdings lasse sich die Erscheinungen nicht als einfache mechanisch Vorgänge in einem Verbundkörper aus Eisen und eine harten Zementitskelett deuten, da Altern bei niedrige Temperaturen zu einer erheblichen Heilung führt, inde in gereckten und gealterten Stabteilen wieder unter Las abfall neue Einbrüche entstehen. Es wirken also Um wandlungserscheinungen mit.

Entsprechend den Eigenschaften eines spröden Kör pers ist die Last, unter der der erste Zusammenbruch ei tritt, in empfindlicher Weise von der Ausbildung de Stabkopfes abhängig.

Der ebenfalls erhebliche Anstieg der Streckgrenz bei größerer Belastungsgeschwindigkeit wird selbst be Maschinen mit großen Massenbewegungen, wie z. B. de Pendelwaage, praktisch nicht von der Maschine beei flußt, wie durch Einschalten eines Kontrollstabes zwische Probe und Kraftanzeige nachweisbar war. [B 1358]

Berichtigung

Die Bauverfahren für Landstraßen

In dem Aufsatz von Nagel, Z. Bd. 72 (1928) Heft 1 muß es auf S. 634 richtig heißen: **Abb. 3.** Hochleistungs kocher von Offermann & Deichmann, Braun schweig. [N 1800]

Die maschinelle Verarbeitung der photographischen Papiere und Filme

Von Dr.-Ing. Fritz Wentzel, Binghamton, N. Y., Vereinigte Staaten von Amerika.

Nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick wird unter Heranziehung kennzeichnender Geräte und Maschinen ein Überblick über die neuzeitliche Arbeitsweise bei der Herstellung photographischer Abbildungen in kleinen, größeren und sehr großen Auflagen gegeben. In ähnlicher Weise wird die Herstellung kinematographischer Bildfilme (Negativ- und Positivfilme) unter Ausschluß der Aufnahmetechnik behandelt.

Geschichtliches

Die maschinelle Verarbeitung der photographischen Papiere geht bereits auf das Jahr 1861 zurück, als eine von Charles Fontayne, Cincinnati (Ohio), erfundene Kopiermaschine dazu benutzt wurde, bei der damaligen Präsidentenwahl Bildnisse der beiden Kandidaten Lincoln und Hamlin in je 20 000 Exemplaren herzustellen. Das Gerät, das der Vergessenheit anheimfiel, bestand aus einem Kasten, in dem das Negativ befestigt wurde, während darunter ein auf einen Zylinder gewickeltes lichtempfindliches Papier entlangglitt, das für Bruchteile einer Sekunde dem durch eine Sammellinse, dann durch das Negativ fallenden Sonnenlichte ausgesetzt wurde.

Erst viel später, als nach Aufstellung einer ersten Emulsions-Gießmaschine durch die Eastman Kodak Company in Rochester, N. Y., im Jahre 1884 photographische Entwicklungspapiere in ausgedehnterem Maß erzeugt wurden und andre Firmen hierin folgten, wurden von verschiedenen Seiten erneut mechanische Hilfsmittel angegeben, um den besonderen Vorzug der schnellen Verarbeitung dieser Papiere voll ausnutzen und eine größere Anzahl von Bildern auf langen Rollen des lichtempfindlichen Papieres herstellen zu können. So wurde ein brauchbares Belichtungsgerät im Jahre 1883 von dem Wiener Ingenieur Schlotterhos zum Patent angemeldet, aber auch diese Erfindung fand keine weitere Beachtung, da zu jener Zeit noch kein Bedarf an einer Massenerzeugung von Bromsilberbildern vorlag. Erst in der Mitte der neunziger Jahre wurde das Verfahren der „Rotationsphotographie" durch Arthur Schwarz, den damaligen Direktor der Neuen Photographischen Gesellschaft, Berlin-Steglitz, in diesem Betrieb eingeführt.

Hiernach konnten Rollenpapiere bis zu 1000 m Länge selbsttätig unter Negativen belichtet und gleich anschließend entwickelt werden. Da besonders die täglich erzeugte Länge des Bildbandes allgemeines Erstaunen hervorrief, prägte sich damals das Wort von der „Kilometerphotographie", eine Bezeichnung, die zunächst scherzhaft gemeint, seitdem in Fachkreisen Geltung gewann. Wurde das Verfahren auch anfänglich geheim gehalten, so erfuhr man aus den verschiedenen Patentschriften doch bald, daß es sich um einen rein photographischen Vorgang handelte. Ein Papier, dessen lichtempfindliche Schicht aus der gleichen Emulsion bestand, wie sie von den Trockenplatten her bekannt war, wurde in einer sogenannten Belichtungsmaschine unter Negativen von elektrischen Lampen belichtet, darauf in langen Bottichen entwickelt, fixiert und gewässert und in bekannter Weise auf Stäben, die durch eine Kette ohne Ende fortbewegt wurden, in Schleifen hängend, getrocknet. Da das neue Verfahren auf sehr einfachen Grundlagen zu beruhen schien, konnte es nicht ausbleiben, daß bald eine Reihe ähnlicher Unternehmungen ins Leben gerufen wurden, die sich mit mehr oder weniger Erfolg dem gleichen Arbeitsgebiet zuwandten, von denen hier noch die im Jahre 1900 gegründete Rotophot A.-G. in Berlin erwähnt sei; auch in ihrem Betriebe wurden verschiedene Arbeitsverfahren geschaffen, die sich allgemein einführten.

Anwendungsgebiete

Heute ist die Zahl der den photographischen Rotationsdruck (Umlaufdruck) ausübenden Anstalten, die große Auflagen von Bildern bekannter Persönlichkeiten, von Genre- und Landschaftskarten, von mannigfachen Werbedrucken für industrielle Zwecke, daneben auch Miniaturen und Stereoskopbilder herstellen, enger begrenzt, ihre maschinellen Einrichtungen haben im Laufe der Zeit durchgreifende Verbesserungen erfahren, eine ganze Reihe photographischer Verfahren, die die Farbe oder den Charakter der Bilder verändern oder verbessern, wurde in das Verfahren einbezogen, und man kann sagen, daß seine technische Durchbildung zu einem gewissen Abschluß gelangt ist.

Indessen haben sich andre Arbeitsgebiete eröffnet, in denen die Vervielfältigung auf photographischem Wege von nicht geringer wirtschaftlicher Bedeutung geworden ist, ohne daß es sich dabei um solche Massenauflagen handelt wie beim Umlaufdruck. Dies bezieht sich einmal auf die Herstellung ursprungsgetreuer Abzüge von Schriftstücken, von Geschäftsbüchern, Verträgen, Tabellen, Zeichnungen usw., wie sie täglich im Geschäftsleben erwünscht sind, dann auf die Vervielfältigung photographischer Originalaufnahmen in geringerer Zahl für z. B. gewisse Werbezwecke, endlich auf die in den letzten Jahren erstaunliche Zunahme der Anfertigung von Abzügen durch den Händler nach den Negativen seiner Kundschaft.

Je nach dem Umfang aller dieser Arbeiten sind zwar die Ausmaße der dafür benutzten Geräte und auch ihre Ausführungen sehr verschieden, aber, dem Gange der photographischen Vorgänge entsprechend, handelt es sich in allen Fällen doch um Einrichtungen für die unmittelbare Aufnahme oder für die Belichtung von photographischem Papier nach bereits vorhandenen Negativen, um Einrichtungen für die Entwicklung, das Fixieren und das Trocknen von Papierbildern, und zwar entweder um Einzelgeräte, die die Durchführung der Einzelvorgänge erleichtern und beschleunigen sollen, oder um mehr oder weniger zusammenhängende maschinelle Anlagen zur laufenden Herstellung ganzer Bildbahnen.

Apparate für die unmittelbare Aufnahme auf Papier

Schon die jedem Techniker bekannte mühsame und zeitraubende Arbeit des Um- und Abzeichnens mit der Hand bietet ein überzeugendes Beispiel dafür, wie zweckmäßig es besonders für größere Betriebe ist, sich eines Hilfsmittels zu bedienen, das als Ergänzung des Lichtpausverfahrens auf schnellste Weise alle diejenigen Vorlagen getreu und in beliebiger Anzahl zu vervielfältigen erlaubt, die nach Eigenart des Urbildes nicht lichtpausfähig sind oder maßstäblich vergrößert oder verkleinert werden sollen. Ähnlich liegen die Vorteile der Verwendung derartiger Geräte für Behörden, Banken, Archive oder Büchereien auf der Hand, bei denen es sich meist darum handelt, dem Urbild in allen Einzelheiten genau gleiche Kopien von dokumentarischem Wert zu erhalten. Zwar kann man mit der Kamera jedes Original aufnehmen, aber die dabei zuerst erforderliche Anfertigung eines Negatives macht den Herstellungsvorgang umständlich, zeitraubend und kostspielig. Statt dessen photographiert man heute in solchen Fällen unmittelbar auf Papier, in Sonderfällen auch auf lichtempfindliche Zelluloidfolien (Filme), und benutzt dazu die allgemein eingeführten Hilfsgeräte wie das „Simplex-Universalgerät" der H. Traut G. m. b. H., den „Kontophot-Goerz" der Kontophot G. m. b. H., Berlin, den amerikanischen „Photostat"-Apparat der Photostat-Corporation, Rochster, N. Y., oder ähnliche andre.

Alle diese Geräte bestehen im wesentlichen aus drei Teilen: der Kamera mit dem Objektiv und einem Umkehrprisma, aus einem genau senkrecht dazu angeordneten Tisch oder einem Reißbrett zum Auflegen oder Anheften der aufzunehmenden Gegenstände und aus einer elektrischen Lichtanlage zur zweckentsprechenden Beleuchtung oder Durchleuchtung der Gegenstände mit unmittelbarem oder mittelbarem Licht. Man stellt bei dem Simplexapparat mit Hilfe einer Mattscheibe ein, beim Kontophot, Abb. 1, dagegen nach Skalen. Der Kontophot hat bemerkenswerter Weise eine pneumatische Festhaltevorrichtung, die durch einen Sauglüfter mit 2 PS Leistung betätigt wird und deren Wirkung so kräftig

Abb. 1
Kontophot-Goerz.

Abb. 3. Pako-Kopiertisch.

ist, daß selbst ein gerahmtes Bild oder ein Reißbrett auf der 1,20 × 1,45 m² großen senkrechten, siebartig durchlochten Saugfläche sicher festgehalten wird. Für die Beleuchtung bei der Aufnahme sind bei ihm 12 Halbwattlampen zu 500 W vorgesehen. Die Vorlagen werden je nach ihrer Beschaffenheit etwa 5 bis 50 s belichtet, in einer angrenzenden Dunkelkammer werden die Drucke dann in etwa 1½ min entwickelt und in weiteren 25 min ausfixiert und gewässert. Da das Anlegen neuer Originale oder der Nachschub unbelichteten Papiers durch praktische Einrichtungen nur wenige Sekunden erfordert, ist die Arbeitsgeschwindigkeit erheblich größer als beim gewöhnlichen photographischen Verfahren über ein Negativ, und man kann stündlich etwa je 1 Abzug von 100 verschiedenen Urbildern erhalten oder 100 Abzüge von einem Urbild.

Der ebenfalls ganz aus Metall in verschiedenen Größen bis zum Druckformat 0,46 × 0,61 m² gefertigte „Photostat-Recorder“, Abb. 2, bietet besondere Vorteile für die schnelle und einfache Vervielfältigung von Schriftstücken aller Art, wie von Berichten, Verträgen, Patentschriften, Tabellen usw., da er für die Verarbeitung von beiderseitig lichtempfindlichem Rollenpapier eingerichtet ist und die unmittelbar aufeinanderfolgende Belichtung beider Papierseiten erlaubt, so daß aus den einzelnen Aufnahmen von z. B. Buchseiten ursprungsgetreue Nachbildungen zusammengestellt und zu ganzen Büchern gebunden werden können. Die Kassette des Gerätes wird mit einer Papierrolle von rd. 100 m Länge und beliebig gewünschter Breite beschickt.

Ist eine Seite des betreffenden Schriftstückes, das unter Glas in einem Rahmen auf einem wagerecht angeordneten Halter liegt, durch Betätigung eines Fußhebels photographiert, so wird durch einen zweiten Fußhebel ein Motor eingeschaltet, der die Kassette derart umdreht, daß nun sofort die Papierrückseite belichtet werden kann, worauf die Papierrolle selbsttätig um die belichtete Länge vorgezogen und diese abgeschnitten wird. Die belichteten Blätter fallen in einen Kasten, der von der unmittelbar an das Gerät anstoßenden Dunkelkammer aus geöffnet werden kann, in der sie entwickelt und fixiert werden, oder aber man befördert den lichtdichten Kasten mit seinem Inhalt dorthin, wo die Weiterverarbeitung vorgenommen werden soll. Die Gesamtanlage, wie sie von der Photostat Corporation in zahlreichen Geschäftsbetrieben der Vereinigten Staaten, aber auch in andern Erdteilen eingerichtet worden ist, umfaßt neben dem Aufnahmegerät einen leicht zu befördernden Dunkelraum, eine Trocken- und eine Schneidemaschine und alle weiteren Hilfsmittel, die zur

Abb. 2
Photostat-Recorder.

Fertigstellung und zum Einbinden der Drucke erforderlich sind.

Bestimmte hohe Anforderungen werden, wie erwähnt sei, an das für die Aufnahme derartiger Vorlagen verwendete Papier gestellt. Nicht allein, daß es aus bestem Rohstoff gefertigt sein muß. Um die Haltbarkeit der auf ihm hergestellten Drucke zu sichern, muß seine Emulsion dem Verwendungszweck gut angepaßt sein, soll also Gegensätze hervortreten lassen und eine solche Farbenempfindlichkeit zeigen, daß auch bei Gebrauch von Gelbfiltern ohne nennenswerte Beeinträchtigung der Allgemeinempfind-

Abb. 4
Anordnung zum Kopieren von Filmen beim Saska-Kopiertisch.

lichkeit des Papieres verschiedenfarbige Tinten, Stempel, Siegel oder farbige Einzeichnungen tonrichtig wiedergegeben werden. Um dem Verbraucher einerseits eine Gewähr für die Güte des Papiers, anderseits einen gewissen Schutz vor unbefugter Nachahmung seiner Abzüge zu bieten, werden wenigstens amerikanische Papiere mit fortlaufenden verschiedenartigen Wasserzeichen hergestellt.

In Deutschland hat es sich besonders die Mimosa-A.-G., Dresden, angelegen sein lassen, ein photomechanisches Papier von vortrefflichen Eigenschaften für die Aufnahme von Strichzeichnungen und Schriften mittels der Kamera in den Handel zu bringen. Während man für gewöhnlich bei der Aufnahme einen negativen Abdruck, also weiße Schriftzeichen auf schwarzem Grund erhält, erlaubt dieses Papier die unmittelbare Herstellung eines Positivs nach einem Positiv, was dadurch erreicht wird, daß es eine untere wenig empfindliche gehärtete Emulsionsschicht, darüber eine hochempfindliche nicht gehärtete Schicht hat. Belichtet man nun bei der Aufnahme so kurz, daß die untere Schicht dadurch nicht beeinflußt wird, so erhält man beim Entwickeln ein negatives Bild, zu dessen Aufbau allein die obere Emulsionsschicht dient. Belichtet man nun — ohne vorher zu fixieren — von neuem, und zwar eine der Empfindlichkeit der unteren Schicht angepaßte Zeit, so entsteht durch Kontaktdruck wieder ein Positiv, das nach mechanischer Entfernung des überlagernden Negativs in üblicher Weise entwickelt und fixiert wird.

Allerdings verursacht die Herstellung eines positiven Druckes auch mit Hilfe eines gewöhnlichen kontrastreich arbeitenden Papieres über ein zuerst anzufertigendes negatives Bild weder Schwierigkeiten noch Zeitverlust, da dies in wenigen Minuten von dem noch nassen, nur fixierten Negativ geschehen kann.

Belichtungsgeräte für Handbetrieb

Für den Druck kleiner Bildgrößen und von Postkarten nach Negativen sind zahlreiche Modelle von Handbelichtungsgeräten und Kopiertischen von vielfach vortrefflicher Ausführung im Gebrauch. In der Regel können mit ihnen Negative bis zum Format 18 × 24 cm kopiert werden, doch erlauben, die größeren, für vielbeschäftigte Photographen, Photohändler und Kopieranstalten bestimmten, Modelle auch die Herstellung von Bildern bis zum Format 50 × 60 cm².

In ihren wesentlichen Teilen ist die übliche Ausführung dieser Kopiergeräte aus Abb. 3 ersichtlich, die einen Kopiertisch der amerikanischen Pako Corporation darstellt. Das zu kopierende Negativ liegt auf einer dicken Spiegelglasplatte, unter der die aus Glühlampen bestehende Beleuchtung mit Lüftung und Wärmeschutz in den Tisch eingebaut ist; diese wird durch einen Taster, häufig auch durch eine auf die genaue Belichtungszeit einzustellende Uhr selbsttätig ein- und ausgeschaltet, was besonders beim Drucken einer größeren Bildzahl vom gleichen Negativ vorteilhaft ist. Durch mehrfache Reihenschaltung, einen Vorschaltwiderstand oder auch Filter kann die Stärke der Beleuchtung geregelt werden, während eine Mattscheibe eine gleichmäßig erleuchtete Kopierfläche schafft und zum Einlegen von Abdeckmasken dient. Kleinere Negative werden dabei vorteilhaft in einen Rahmen eingelegt, der störendes Seitenlicht abhält und den Vorteil bietet, daß man Abdeckmasken auf ihm leicht mit Klebstoff befestigen kann.

Störende Helligkeitsunterschiede kann man bei dem Kopiertisch, Abb. 3, nach Hochklappen eines das Negativ mit dem anliegenden Papier haltenden Rahmens ausgleichen, der einen Teil der Tischplatte bildet, indem man sich dazu einer Handlampe bedient, deren Verkapselung verschieden große Öffnungen hat. Zum gleichen Zweck sind bei dem deutschen „Satrox"-Kopiergerät die einzelnen Lampen in einem kardanartigen Gelenk befestigt, so daß sie sich in jede beliebige Lage zum Negativ bringen lassen. Um das Auflegen und Ausrichten des lichtempfindlichen Papieres vor seiner Belichtung und eine Überwachung des Negativs in der Durchsicht zu ermöglichen, ist in allen diesen Geräten eine inaktinische rotgelbe Glühlampe vorgesehen, die während der Belichtung erlischt. Nach oben hin wird der Kopierrahmen durch einen geteilten Deckel abgeschlossen, der zwangläufig mit zwei Hebeln verbunden ist. Werden diese niedergedrückt, so wird der Rahmen

Abb. 5
Saska-Schnellkopierapparat

Abb. 6
Pako-Wässerungsapparat.

verriegelt, durch einfaches Heraufdrücken geöffnet und bei geringer Nachhilfe durch ein Gegengewicht emporgezogen.

Das Kopieren von Filmen in ganzen Streifen zeigt eine Anordnung, wie sie bei dem „Saska"-Kopiertisch der Firma Saska in München vorgesehen ist, Abb. 4. Für die besonderen Zwecke der Photohändler wird er auch mit zwei Arbeitsplätzen zum Kopieren und einer von den Kopierstellen durch eine Wand getrennten dritten Arbeitsstelle zum gleichzeitigen Entwickeln gebaut. Eine andre Ausführungsform, Abb. 5, zeigt eine senkrechte Anordnung der Kopiereinrichtung. Wird sie geöffnet, so fallen die Abzüge in eine unten angebrachte Schublade, in der auch das lichtempfindliche Papier getrennt liegt, so daß beim Verlassen der Dunkelkammer alles mit einem Griff lichtdicht verschlossen ist. Die Leistungsfähigkeit dieser Geräte ist natürlich in weiten Grenzen von der Dichte der Negative abhängig; ist sie normal, so kann eine geübte Person in 1 h etwa 900 bis 1000 Abzüge anfertigen.

Weiterverarbeitung in Schalen

Das Entwickeln, Spülen und Fixieren der so belichteten Papiere geschieht in einfacher Weise mit der Hand in Schalen. Ist die Einrichtung hierfür derart, daß überflüssige Handgriffe vermieden werden, so läßt sich bei einiger Übung in dieser Weise in kurzer Zeit leicht eine große Zahl von Bildern bewältigen.

Wässerungsapparate

Um die Bilder von Fixiernatron zu befreien und dadurch haltbar zu machen, muß man sie bekanntlich gründlich wässern, wofür viele mehr oder weniger zweckmäßige Vorrichtungen erdacht worden sind, in denen das Auslaugen in schneller und einer den sich dabei abspielenden physikalischen Vorgängen entsprechenden Weise durchgeführt werden soll. So findet man selbsttätige Wässerungsgeräte mit siebartigen, zur Aufnahme der Bilder bestimmten Einsätzen, solche mit Zwischenwandungen und Durchflußöffnungen, die dem Wasser den Weg vorschreiben, Spülwannen mit an ihrem Rand angebrachten Brausen mit schräg abwärts gerichtetem Wasserstrahl, durch den die Bilder in ständiger Bewegung erhalten werden, Waschgeräte, in denen die mehr oder weniger ausgewaschenen Drucke in immer reineres Wasser gelangen und viele ähnliche Vorrichtungen. Ein Verfahren, das zuerst in Amerika, bald auch in Europa angewandt wurde, hat sich in Photohandlungen und Kopieranstalten besonders eingeführt. Es besteht in der Anwendung einer durchlöcherten, die Bilder enthaltenden Metalltrommel, die in einem von fließendem Wasser durchströmten Bottich umläuft, so daß die Bilder, deren Anlegen an die Trommelwandungen durch eine sinnreiche Einrichtung vermieden wird, im Wasser schwimmen und allseitig umspült werden. Diese Waschtrommeln, die bisweilen auch zum Fixieren benutzt werden können, werden elektrisch angetrieben, und die Leistung der in der Abb. 6 wiedergegebenen Maschine der Pako Corporation, Minneapolis (U. S. A.), erlaubt, bis zu 1000 Abzüge in 1 h zu waschen.

Trockengeräte

Die Bilder werden heute meist mit Hilfe besonderer Maschinen getrocknet, da den Auftraggebern der Photohändler in vielen Fällen daran gelegen ist, so schnell wie möglich in den Besitz von Abzügen ihrer Negative zu kommen. Wurden auch verschiedentlich Trockenschränke zur gleichzeitigen Aufnahme von Platten- oder Filmnegativen und von Papieren in den Handel gebracht, so gibt man doch allgemein den neuen Schnelltrockenmaschinen den Vorzug, bei denen die Bilder z. B. zwischen einer heizbaren mit Stoff umspannten Trommel und einer zweiten sich um diese bewegenden Stofflage so hindurchgeführt werden, daß sie nach einmaligem Umlauf trocken sind. Ein Beispiel für die Bauart dieser Maschinen ist die „Rota", Abb. 7, von der Firma G. Krauß, Stuttgart.

Einrichtungen zur Hochglanzerzeugung

Vielfach besteht der Wunsch, die Bilder hochglänzend zu erhalten. Um dies zu erreichen, quetscht man bekanntlich die noch nassen durch Baden in einer Chromalaunlösung oder in stark verdünntem Formalin gehärteten Abzüge auf gut geputzte und vorher mit Ochsengalle oder Talkum abgeriebenen Spiegelglas- oder „Ferrotyp"-Platten. Bei umfangreichen Arbeiten dieser Art belegt man die Glasscheiben beiderseitig, stellt sie in Abständen von etwa 10 cm senkrecht in Holzgestelle und sorgt durch einen kräftigen Strom oftmals erneuerter und erwärmter Luft für möglichst gleichmäßiges Trocknen. Sind die Bilder trocken, so springen sie bei richtiger Behandlung entweder von selbst ab, oder man kann sie bei leichter Nachhilfe mit einem Messer vom Glas abziehen.

So einfach indessen dieses Verfahren dem Uneingeweihten erscheint, bringt es doch manchen Verlust an Papier mit sich und erfordert vor allem sehr viel Zeit, so daß eine Trockenmaschine erst dann wirklich nutzbringend arbeitet, wenn sie nicht nur in kürzester Zeit trocknet, sondern die Bilder gleichzeitig mit Hochglanz versieht. Diese immerhin schwierige Aufgabe wurde erstmalig vor etwa zwei Jahren durch die „Satrox"-Trockenmaschine mit Hochglanzeinrichtung der Chemischen Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin, gelöst, die in 1 h bis zu tausend Bilder mit Hochglanz zu trocknen erlaubt, Abb. 8. Der Arbeitsvorgang ist dabei äußerst einfach.

Die aus dem Wässerungsbade kommenden gehärteten Bilder werden mit ihren Schichtseiten nach oben auf das Transporttuch der Maschine gelegt und durch eine Quetschvorrichtung einem elektrisch oder auch durch Gas beheizten Zylinder mit Spiegelbelag aus Nickel zugeführt und an diesen gepreßt, worauf sie nach 6 min vollkommen glatt aus der Maschine auf ein Sammelbrett fallen. Da

Abb. 8
Satrox-Trockenmaschine mit Hochglanzeinrichtung.

Abb. 7
Rota-Trockenmaschine.

kartonstarke Bilder eine höhere Temperatur oder einen längeren Arbeitsgang erfordern als dünne, kann die Temperatur entsprechend eingestellt werden, außerdem ist eine Waschvorrichtung vorgesehen, die den Spiegel laufend putzt, so daß die Maschine, die zum Antrieb 0,5 PS erfordert, in ununterbrochenem Arbeitsgang mit neuen Bildern beschickt werden kann. Allerdings wird diese Trockenmaschine bis jetzt nur für kleinere Bildgrößen benutzt; ihr Nickelspiegel ist äußerst empfindlich, und es ist zweifelhaft, ob sich eine Verarbeitung auch ganzer Bogen in dieser Weise glatt durchführen lassen wird.

Abb. 11
Bromograph, kleines Modell.

Abb. 9 und 10
Bromograph. Schematische Darstellung des kleinen Modelles.

a Tür *b* Haspel *c* Führung *d* Belichtungskasten
e, f Leitrollen *g* Förderwalzen *h* Preßwalzen *i* Verschluß

Selbsttätige Vervielfältigungsgeräte

Ist die im vorangehenden geschilderte Arbeitsweise besonders da angezeigt, wo, wie in Photohandlungen, von vielfach wechselnden Negativen immer nur verhältnismäßig wenig Abzüge angefertigt werden, so ist es für den umgekehrten Fall des Druckens zahlreicher Abzüge vom gleichen Negativ, z. B. für Werbezwecke, empfehlenswerter, den vollständigen Arbeitsvorgang von der Belichtung bis zum fertigen Bilde selbsttätig durchzuführen, wofür besondere Maschinen geschaffen wurden, die den Übergang zu den in den Rotationsgroßbetrieben gebräuchlichen gleichartigen, nur sehr viel größeren Anlagen bilden.

Eine Vervielfältigungsmaschine dieser Art ist die der Bromograph-A.-G., Berlin, die für Postkarten in der Größe 10×15 cm² und die Bildgrößen 13×18, 18×24 und 24×30 cm² in einer kleineren Ausführung und für alle Größen bis zu 30×40 cm² in einer größeren hergestellt wird. Bauart und Wirkungsweise sind aus Abb. 9 bis 11 zu ersehen. Das Negativ wird in einen dafür vorgesehenen Rahmen eingesetzt, während sich das von einer Haspel *b* ablaufende lichtempfindliche Papier in einer durch die Tür *a* beschickbaren lichtdichten Kammer befindet und von hier aus über die Führung *c* sowie die Leitrollen *e* und *f* unter dem Negativ hinweggleitet. Die Belichtungen folgen Bild an Bild durch elektrische Glühlampen im Belichtungskasten *d*, deren Helligkeit durch Schaltungen, Mattscheiben oder Unterlegen von Seidenpapier der jeweiligen Dichte des betreffenden Negativs angepaßt werden kann, während ein Hebel die Belichtungsvorrichtung selbsttätig öffnet und schließt und eine Platte das Papier während der Belichtungszeit gegen das Negativ drückt.

Nach der Belichtung folgt das Papier einem Gummibandvorspann über die Förderwalzen *g* durch die verschiedenen Flüssigkeitsbehälter, zu deren Füllung bei dem kleinen Modell Schläuche vorgesehen sind, deren Einfülltrichter zugleich den Stand der Lösungen anzeigen, wenn das Gerät bei *i* geschlossen ist. Ein durch fließendes Wasser ge-

Abb. 12
Vervielfältigungsmaschine von Ellis Graber.

speister Wässerungskasten schließt sich an; endlich wird das Papierband beim Verlassen der Maschine durch die Preßwalzen h von anhaftendem Wasser befreit, zum vollständigen Trocknen in Schleifen über Stäbe gehängt und danach zerschnitten. Die Leistungsfähigkeit dieser Maschine, zu deren Antrieb etwa $^1/_{16}$ PS erforderlich ist, beläuft sich auf etwa 300 bis 600 Bilder in 1 h. Werden mehrere Negative während des Arbeitsganges gegeneinander ausgewechselt, so lassen sich auf ein- und demselben Papierband verschiedene Aufnahmen, sogar jeweilig nur bis zu wenigen Abzügen, nacheinander drucken, so daß man also Bilder von mehreren Gegenständen gleichzeitig ohne Papier- und Zeitverlust herstellen kann. Da die Maschinen vollkommen abgedeckt sind, wodurch sie sich wesentlich von andern sonst ähnlich gebauten unterscheiden, ist ein Abdunkeln des Arbeitsraumes nicht erforderlich. Die nicht abgedeckten Maschinen haben demgegenüber wieder den Vorzug, daß sich der Arbeitsvorgang leichter überwachen läßt.

Eine solche offen gebaute, im Ausland sehr verbreitete Maschine, die also in einem rot erleuchteten Dunkelraum Aufstellung finden muß, ist die von Ellis Graber, Turnbridge Wells (England), Abb. 12. Sie besteht aus drei Hauptteilen: dem Belichtungsgerät, der Entwicklungsanlage und einem Trockengerät, die sowohl gemeinsam in einem fortlaufenden Arbeitsgang wie auch völlig unabhängig voneinander benutzt werden können. Auch hier besteht das Belichtungsgerät im wesentlichen aus einem auf einem Gestell ruhenden Kasten mit verschiedenen Lichtschaltungen, deren Wirkungsweise zum Ausgleich der Beleuchtung bei verschieden dichten Negativen aus Abb. 13 hervorgeht. Er ist mit einer leicht herrichtbaren Druckeinrichtung ausgestattet, mit der man gleichzeitig mit der Belichtung die Papierrückseite, z. B. mit Postkartenaufdruck oder andrer Beschriftung, versehen kann, ferner mit einer Querschneidevorrichtung, mit der man einzelne Längen abtrennen kann, die man gewünschtenfalls einzeln in Schalen entwickelt. Die Entwicklungsanlage besteht aus einem Kasten mit verschiedenen einzelnen Zellen, in denen sich die Bäder, Spül- und Waschwässer befinden. Das Papier, dessen Geschwindigkeit geregelt werden kann, läuft durch die Zellen über Walzen, die zum bequemen Reinigen und leichten Durchführen der Papierbahn leicht herausnehmbar sind. Es folgt der schnell wirksame eingekapselte Trockner, der aus zwölf gleichmäßig heizbaren, um eine Trommel angeordneten Walzen besteht, zwischen denen die Bilder durchgleiten, während gleichzeitig verschiedene Lüfter die Trocknung unterstützen. Die Gesamtanlage nimmt rd. $10{,}9 \times 4{,}5$ m² ein, erfordert zum Antrieb 1 PS und liefert von z. B. vier Postkartennegativen 6000 bis 8000 Abzüge in 1 h, die gewünschtenfalls in Bogen zu je zwölf Karten ($52 \times 27{,}5$ cm²) oder von sechs Karten ($26 \times 27{,}5$ cm²) abgetrennt werden können, erlaubt aber auch eine Bearbeitung kleiner Bilderreihen.

RZ 740 Z 13

Abb. 13
Ausgleich der Beleuchtung eines Druckrahmens.

Rotationsdruck (Umlaufdruck)

An die Betrachtung der mehr für kleine und mittlere Betriebe bestimmten Geräte und Maschinen schließt sich die des photographischen Umlaufdruckes, bei dem Rollen von Bromsilber- oder Gaslicht (Chlorbromsilber-) Papier von meist 66 cm, aber auch von 105 cm Breite fortlaufend verarbeitet werden und der daher nur im Großbetrieb lohnend ist.

Der Rollenbreite entsprechend haben die Belichtungsmaschinen hier 50×70 cm² freie Glasplattenfläche bei 45×66 cm² Belichtungsfläche oder 75×105 cm² Glasplattenfläche bei 74×101 cm² Belichtungsfläche und erlauben im ersteren Fall die gleichzeitige Belichtung von 21 Postkarten der Größe 9×14 cm², im andern die von 56 Postkarten, doch werden auch Maschinen für 84 cm größte Bildlänge gebaut, die also je nach der gewählten Rollenbreite 42 oder 66 Postkarten auf einmal drucken können. Ihre Ausführung entspricht grundsätzlich derjenigen der kleineren Maschinen, weicht jedoch in Einzelheiten von diesen ab.

Auch unterscheidet man für den Druck ganzer Rollen Handbelichtungsmaschinen von solchen, die selbsttätig arbeiten; außerdem kann die Arbeitsweise verschieden sein, indem man entweder die belichteten Abschnitte durch dafür vorgesehene Querschneider sofort von der Rolle trennt und sie einzeln in Bogen entwickelt, oder indem man, wie meist, zur Entwicklung in ganzen Rollen übergeht, was hinsichtlich der nachfolgenden Behandlung des Papieres eine weitere Vereinfachung bedeutet; in diesem Falle wird das von der Belichtungsmaschine kommende Papier erst wieder aufgerollt.

In allen Fällen werden viele Negative auf einer kräftigen Spiegelglasplatte zu einem sogenannten Druckrahmen zusammengestellt und, um eine gleiche Kopierdichte zu ergeben, durch Unterlegen von Seidenpapier und mittels Graphitdeckung sorgfältig ausgeglichen, bis ein Probedruck zufriedenstellend ausfällt. Da es namentlich bei größeren Auflagen von besonderer Wichtigkeit ist, stets gleichmäßig gute Abzüge zu erhalten, und dies nicht allein durch die häufig sehr unterschiedliche Dichte der zu kopierenden Negative erschwert wird, sondern auch dadurch, daß man mit Stromschwankungen zu rechnen hat, gibt es eine ganze Anzahl von Verfahren, in denen dieses Ziel auf die verschiedenste Weise angestrebt wird. Mechanische Hilfsmittel, wie einschaltbare Vorhänge, Filter, Blenden und dergl. spielen hierbei eine große Rolle, auch hat man die Belichtungsdauer nicht nur in der üblichen Weise nach gleichen Zeiten bemessen, sondern auch nach gleichen Umdrehungszahlen eines in denselben Stromkreis wie die Kopierlampen geschalteten Elektromotors.

Bei Handbelichtungsmaschinen wird das von einer Rolle ablaufende Papierband mittels Leitwalzen mit der Schichtseite auf die Druckplatte gelegt, sein vorderes Ende durch eine Formateinstellung gezogen und auf einer Vorschubtrommel durch Walzen festgehalten. Nach dem Einstellen der Bogenlänge vollzieht sich die Belichtung derart, daß der mit Filz belegte Preßdeckel beim Herabdrücken eines Fußhebels mit starkem und gleichmäßigem Druck auf die Negative gepreßt wird, worauf sich der Hebel selbsttätig feststellt. Nun wird mittels Handschaltung oder auch in Verbindung mit einer Belichtungsuhr selbsttätig belichtet und zwar durch eine oder besser mehrere Reihen von Glühlampen — auch Quecksilberlampen werden bisweilen verwandt —, die sich in einem mattweiß lackierten, aus Eisenblech bestehenden Kasten befinden; der Kasten hat zum Auswechseln der Lampen eine kleine lichtdicht schließende Tür und zum Beobachten ein rotes Fensterchen. Ist die Belichtung ausgeführt, so wird der Fußhebel durch einen zweiten ausgelöst, die Preßplatte geht von selbst hoch, die nächste Bogenlänge wird durch den mechanischen Vorschub vorgezogen und der Vorgang wiederholt sich, während das belichtete Papier entweder sofort mittels einer Handschneidemaschine in Bogen abgetrennt oder im ganzen aufgerollt wird.

Die selbsttätigen Belichtungsmaschinen vollziehen die gleichen Vorgänge in einem Arbeitsgang, nämlich das Heben des Druckdeckels, den Vorschub der Papierbahn, das Senken und Andrücken des Druckdeckels und das Ein-

Abb. 14
Belichtungsmaschine, Bauart Koebig.

Abb. 15
Belichtungs- und Entwicklungsmaschine für Umlaufdruck.

und Ausschalten der Lichtquelle. Je nach der Einstellung wiederholen sich 16 bis 20 Arbeitsgänge, und wenn, wie häufig, jedesmal z. B. nur 28 Bilder ausgedruckt werden, so ergibt sich, daß ihre Leistung schon recht bedeutend ist; doch liefern neuere Maschinen bis zu 35 Drucke in 1 min und zeichnen sich gegenüber älteren noch durch die sehr erhebliche Verringerung des verlorenen Streifens zwischen den einzelnen Belichtungen auf nur 3 bis 4 mm aus, wodurch monatlich etwa 500 bis 600 m lichtempfindlichen Papiers erspart werden.

Eine neuzeitliche Belichtungsmaschine dieser Art mit untenliegendem Belichtungskasten, der durch einen verstellbaren Schleifkontaktschalter betätigt wird, so daß die Belichtungsdauer in weiten Grenzen verändert werden kann, ist die der Radebeuler Maschinenfabrik August Koebig, G. m. b. H., Abb. 14. Ausgestattet ist diese Maschine noch mit einem sogenannten „Multiplikator", einer Vorrichtung, durch die jede beliebige Größe in 2-, 3-, 6- oder 12facher Länge nach erfolgter Belichtung von der Papierbahn geschnitten werden kann, so daß man auf diese Weise die für die Entwicklung und Weiterverarbeitung bequemste Bogengröße wählen kann. Eine größere Belichtungsmaschine, an die sich eine Entwicklungsanlage anschließt, ist aus Abb. 15 ersichtlich, die gleich den Abbildungen 16 bis 18 eine Gesamtanlage in der Bromsilberdruckanstalt der Firma Max Breslauer, Leipzig, zeigt.

Abb. 16
Wässerungs- und Tönungsmaschine mit anschließender Trockenanlage für Umlaufdruck.

Abb. 17
Durchblick durch den Trockensaal einer Umlaufdruckanlage.

Abb. 18
Trockenkanal mit Roller für Umlaufdruck.

Abb. 19 und 20
Schematische Darstellung einer Anlage für photographischen Umlaufdruck.

Die Entwicklungsanlagen bestehen aus einer Reihe gleichartiger Bottiche zur Aufnahme der Bäder, durch die die Papierbahnen entweder mit Hilfe von Leitwalzen oder wegen ihrer leichtverletzbaren Schichten zweckmäßiger in Falten mittels einer Haspeleinrichtung hindurchgeführt werden; diese bietet noch den Vorteil, daß man bei beschränktem Raum auch ohne allzulange Maschinen auskommt. Außer nach dem angewandten Verfahren richtet sich die Länge einer derartigen Anlage, Abb. 19 und 20, nach der in 1 min geforderten Leistung unter Zugrundelegung einer Entwicklungszeit von 2 bis 3 min, einer Fixierzeit von 5 bis 10 min und einer Waschdauer von 20 bis 30 min. Eine Laufgeschwindigkeit von 4 m in 1 min erfordert z. B. eine Länge der mit Haspeleinrichtung arbeitenden Anlage von etwa 18 m und eine Gesamtraumlänge von rd. 25 m.

Der Entwicklungstisch besteht aus einem langen und flachen mit Blei ausgeschlagenen Bottich, der langsam um seine Mittelachse schwingt, so daß der Entwickler in Bewegung gehalten und dadurch gleichmäßig gemischt wird. Um die Entwicklung, ohne die Arbeitsgeschwindigkeit zu ändern, dem belichteten Papier in günstigster Weise anpassen zu können, hat man die an einem Ende des Bottichs befindliche Leitwalzengruppe verstellbar eingerichtet, so daß die im Entwickler befindliche Länge des Bildbandes hierdurch im Gang verkürzt oder verlängert werden kann. Damit sich ferner die eigentliche Entwicklung möglichst gleichmäßig vollzieht, durchläuft die Papierbahn, bevor sie durch den Entwickelbottich geleitet wird, eine Vorwässerung, oder man entwickelt sie auch mit gebrauchtem Entwickler erst an. Anderseits ist an den Entwickelbottich ein kurzes Säurebad angeschlossen, damit man die Wirkung des Entwicklers nach beendeter Entwicklung sofort aufheben kann. In immer gleichartiger Ausführung folgen zwei getrennte Fixierbäder, dann zweckmäßig in Tageslichträumen der Wässertrog und je nach Bedarf Bottiche zur Durchführung von Tönungen verschiedener Art. Bemerkenswert ist noch, daß das Wässern nach dem Gegenstromverfahren betrieben wird, häufig auch durch kräftige Brausen unterstützt ist und daß die von Flüssigkeit durchdrungenen Papierbahnen sowohl nach dem Verlassen des zweiten Fixierbades als auch nach dem Wässern eine kräftige aus Gummiwalzen bestehende Auspreßvorrichtung durchlaufen.

Nun folgt die Trockenanlage. Entweder bedient man sich zum Trocknen eines Hängegerätes der für Papiere allgemein gebräuchlichen Art, bei dem das auf Stäben liegende feuchte Papier mittels einer Kette ohne Ende durch den angemessen erwärmten und belüfteten Raum über eine oder auch mehrere Umkehrwalzen einem Roller zugeleitet wird, oder aber man führt die von anhaftenden Tropfen befreite Papierbahn auf Fördergurten ein oder mehrere Male durch flache wagerecht liegende Trockenkanäle, durch die entgegengesetzt zur Papierlaufrichtung ein warmer Luftstrom geblasen wird. Schließlich wird das Papier durch einen mit Spannwalzen und Zugtrommel ausgerüstetem Rolltrieb zu gleichmäßig festen Rollen gewickelt, die in einer besonderen Schneidabteilung erst zu Bogen, dann auf die gewünschten Bildformate geschnitten, nötigenfalls auch rückseitig noch mit Aufdruck versehen werden.

Von der Leistungsfähigkeit einer derartigen Gesamtanlage und ihrem Verbrauch an Chemikalien geben von der Firma „Rotophot"-A.-G., Berlin, freundlichst zur Verfügung gestellte Zahlen einen Begriff. Danach entwickelt eine 50 m lange Maschinenanlage ihres Betriebes, deren außerordentliche Länge sich aus dem Einbau zahlreicher Bottiche zur Vornahme verschiedenartiger Tönungen erklärt, in achtstündiger Arbeitzeit durchschnittlich 3000 m Band. Der Entwickelbottich faßt normalerweise 600 l Entwickler, und der tägliche Verbrauch an Entwickler, der frisch zugesetzt werden muß, um einerseits die nötige Reduktionsfähigkeit zu erhalten, anderseits die durch den Papierstoff aufgesaugten und mit ihm fortgeführten Flüssigkeitsmengen zu ersetzen, beläuft sich auf 100 bis 120 l, der monatliche Bedarf an Fixiernatron auf 1500 bis 2000 kg. Die Fixierlösungen werden täglich auf ihre Konzentration an Thiosulfat und auf ihre Anreicherung an Silber analysiert und nach Erreichung des notwendigen Silbergehaltes durch ein Röhrennetz einer Entsilberungsanlage zugeführt; hier wird das Silber als Schwefelsilber wiedergewonnen und in Filterpressen abgepreßt, um darauf einer Scheideanstalt übergeben zu werden. Auf diese Weise gewinnt man vierteljährlich rd. 125 kg metallisches Silber zurück, die etwa 30 vH des ursprünglich in dem verarbeiteten lichtempfindlichen Papier enthaltenen Silbers darstellen. Die den Fixierbädern folgenden Wässerbottiche werden monatlich von rd. 3000 m³ Wasser durchflossen, und erhebliche Mengen von Chemikalien werden auch zur Vornahme der verschiedenen Tönungen verbraucht. Die trockenen und wiederaufgerollten mit Bildern bedruckten Papiere gelangen schließlich in die Schneideräume und in die Druckerei, wo sie fertiggestellt werden. Ein Teil der Ware wird jedoch der Hochglanzabteilung zugeleitet, in der täglich rd. 1000 Bogen zu je 28 Postkarten in der schon beschriebenen Weise durch Aufquetschen auf Spiegelglas mit Hochglanz versehen werden.

Auch das Bemalen von Bromsilberkarten spielt, soweit es sich um Genrekarten handelt, noch eine erhebliche Rolle und geschieht entweder mit der Hand oder mit Spritzapparaten unter Verwendung von Schablonen und Wasserfarben. Rechnet man 1000 Postkarten auf je 20 m Papierband, so beträgt die Tagesleistung dieser größten deutschen Umlaufkopieranstalt etwa 150 000 Postkarten, die zum kleineren Teil in Deutschland, zum größten Teil auf ausländischen Märkten, und zwar hauptsächlich in England, Skandinavien, den Balkanstaaten, in Indien und in Japan abgesetzt werden. [B 740]

Umlaufreiber und Karusselwärmschrank in der Schokoladenindustrie

Von Oberingenieur Adolf Graumann, Hamburg

Arbeitsweise und Aufbau des Umlaufreibers werden beschrieben und die Lagerung der Schokoladenmasse im Wärmschrank besprochen

Eine Rationalisierung der Schokoladenfabrikation ist schon durch die Vielheit der Erzeugnisse schwierig und kann nicht in ein allgemein gültiges Schema gebracht werden. Im Fachschrifttum[1]) sind bereits von berufener Seite ausführliche Richtlinien gegeben worden, die gewiß schon sehr dazu beigetragen haben, die Herstellung zu verbilligen. Hier sollen aus der betriebstechnischen Seite der Aufgabe zwei Arbeitsvorgänge besprochen werden: die Verarbeitung der Schokoladenmasse und ihre Speicherung im Wärmschrank.

Beide Vorgänge beeinflussen sowohl die Wirtschaftlichkeit der Fabrikation, als auch die Güte der Ware wesentlich. Konstrukteur und Betriebsmann müssen zusammenarbeiten, wenn wirklich etwas Brauchbares zur Verbilligung der Fabrikation und, wenn möglich, auch noch zur Verbesserung der Ware geschaffen werden soll.

Der Umlaufreiber (Rundkonche)

Die Schokoladenmasse wird in der Längsreibmaschine oder im Umlaufreiber verarbeitet. Seit einigen Jahren ist der Übergang von der Längsreibmaschine zur Umlaufmaschine im Fluß. Die Überlegenheit der letzteren wird heute in den Reihen fortschrittlich gesinnter Fachleute anerkannt. Die eigenartige Verarbeitungsweise des Versalbens, Verreibens, Emulgierens und der sonstigen, zum Teil noch nicht restlos geklärten Vorgänge in der Schokoladenmasse in der Umlaufreibmaschine bringt es mit sich, daß ganz bestimmte Bewegungen erforderlich sind, um wirtschaftlich hochwertige Ware herzustellen. Nicht jeder Umlaufreiber erfüllt diese Aufgabe. Daraus erklären sich die verschiedenartigen Urteile der Praxis über diese sog. Rundkonchen im allgemeinen. Kann man doch beobachten, daß in großen, fortschrittlich eingestellten Betrieben, wo die Anlagekosten im Verhältnis zum Umsatz für die technische und organisatorische Umgestaltung kein Hindernis bilden, noch heute die alten Längsreibmaschinen neben einem neuen Umlaufreiber ihren Dienst versehen. Vom betriebstechnischen Standpunkt gesehen, müßten die Längsreibmaschinen verschwunden sein, nicht nur, weil ihr Anteil an den Unkosten gegenüber den hochwertigen Rundkonchen viel zu hoch ist, sondern auch der reichlich große Platz, den sie beanspruchen, viel zu schade ist. Ihr Ersatz durch Umlaufreiber wird spruchreif, sobald ein solcher vorhanden ist, der allen Ansprüchen auf Güte des Erzeugnisses gerecht wird.

[1]) Rundreiber oder Längsreiber „Der Konditor", Wien, 1925 Nr. 18 S. 1. Die Fabrikation von Schokoladen und Kakaopulver, Konditor-Zeitung, Trier, 1927 Nr. 51 S. 1058. Änderungen der Erzeugungsformen in unserer Schokoladen-Industrie, Konditor-Zeitung, Trier, 1927 Nr. 4 S. 67. Die Grundelemente der Schokoladenfabrikation, Vereinigte Süßwaren-Zeitungen, Berlin, 1927 Nr. 102 S. 2994.

Abb. 1
Flügelradreiber mit 850 kg Fassungsvermögen, geschlossen. Die zur Aufstellung erforderliche Grundfläche beträgt 3,4 m². Zum Antrieb sind bei einer Flügeldrehzahl von 60 U/min je nach der Dichte der Masse 5 bis 10 PS erforderlich.

Abb. 2 und 3. Flügelradreiber (Rundkonche) 60 U/min.

a dreiflügliges Schraubenrad
b Ring
c Förderschaufeln
d Innenwand
e Abstreichvorrichtung
f, *g* Abstreichmesser
h Bodenabstreicher
i sichtbarer Wasserüberlauf
k Antriebrad des Entleerungsventils
l Auslaufrinne für die fertige Masse

Die Längsreibmaschine müßte schon deshalb völlig ausscheiden, weil es mit ihr überhaupt nicht möglich ist, die heute in großem Umfang hergestellte, nicht überfettete Milchschokolade herzustellen. Infolge von Bestrebungen der Fabriken, eine einheitliche Grundmasse für Milch- und Schmelzschokoladen und eine Reihe von Überzugmassen herzustellen, wird die Längsreibmaschine dort, wo sie noch heute in Betrieb ist, von selbst in die Reihe der Sondermaschinen gedrängt und der Umlaufreiber wird als allgemein verwendbare Maschine an ihre Stelle treten.

Abb. 1 bis 3 zeigen einen Flügelradreiber neuester Bauart. Für die Arbeitsweise ist in erster Linie notwendig, daß die eigenartige Bearbeitung der Masse in der Längsreibmaschine grundsätzlich für die Aufbereitung der Schokoladenmasse als richtig beibehalten wird. Der Vorgang im Längsreiber, die gesamte Schokoladenmasse unter ständiger Berührung mit der erwärmten Wand zu walzen und dabei eine möglichst große Oberfläche der Luft auszusetzen, muß neben andern als Grundlage für die Aromaentwicklung angesehen werden. Die Schwierigkeit bei der Umlaufmaschine liegt darin, daß die geradlinige Bewegung der Längsreibmaschine in eine umlaufende zu verwandeln ist, ohne daß dabei Fliehkraft- oder schlagartige Wirkungen auftreten. Schlagwirkungen beeinflussen die Güte der Ware ungünstig, und Kakao, Zucker und Butter dürfen wegen ihrer verschiedenen spezifischen Gewichte

Abb. 4
Wärmschrank mit 5250 kg Fassungsvermögen gleich 210 Mulden zu je 25 kg Schokoladenmasse. Vorderansicht mit den Öffnungen für die untere Beschickungsstaffel.

Abb. 5
Innenausbau des Wärmschranks, Höhe 3,2 m.

keinesfalls geschleudert werden. Gerade die gleichmäßige Bearbeitung im Umlaufreiber soll das Endziel sein.

Im allgemeinen bestehen alle bis jetzt in der Praxis bekanntgewordenen Umlaufreiber aus einem zylindrischen, doppelwandigen Gefäß, worin die Schokoladenmasse verarbeitet wird. Dagegen weicht der Innenausbau bei den einzelnen Konstruktionen wesentlich von einander ab. Alle diese Konstruktionen einzeln zu besprechen, ist nicht möglich. In vollendeter Weise zeigt das Beispiel der Umlaufreibmaschine nach Abb. 1 bis 3 die Ansprüche, die der Betriebsmann an ihren Arbeitsgang stellt und läßt damit Schlüsse auch auf die Konstruktionen andrer Umlaufreiber zu. Der Umlaufreiber hat ein dreiflügliges Schraubenrad *a* mit bestimmtem Steigungswinkel. Die Flügelenden sind mit einem Ring *b* fest verbunden. An der Außenseite des Ringes, der diese Umlaufmaschine in zwei Abteilungen trennt, befinden sich noch sechs Förderschaufeln *c*. Die Flächen des Flügelrades durchfurchen die Schokoladenmasse, befördern sie aus dem Innenraum des Ringes nach der Innenwand *d*. Die Förderschaufeln beschleunigen dann das Zurückfließen zum Flügelrad. Die gesamte Schokoladenmasse (rd. 850 kg) befindet sich also in einem ununterbrochenen Kreislauf, ohne daß dabei Fliehkräfte oder Schlagwirkungen entstehen. Die Flügelflächen und die Förderschaufeln üben dabei denselben Einfluß auf die Masse aus, wie in der Längsreibmaschine die Walze. Eine nicht zwangläufig angetriebene Abstreichvorrichtung *e* bestreicht mit Hilfe von angepaßten Abstreichmessern *f* und *g* sowohl die Innenwand des Behälters als auch den am Flügelrad befestigten Ring. Die vollkommene Entleerung der Maschine wird durch einen Bodenabstreicher *h* unterstützt.

Die Überlegenheit des Flügelradreibers über den Längsreiber zeigt sich am besten bei der Verarbeitung von fettarmer, milchreicher Masse. Das Flügelrad verflüssigt die Masse, einerlei von welcher Beschaffenheit sie auch sei, in ganz kurzer Zeit. Die Verarbeitung der fettarmen Grundmasse geht ohne jede Schwierigkeit vor sich und das fertige Erzeugnis weist bei gleicher Geschmeidigkeit geringen Gesamtfettgehalt (Kakaobutter und Milchfettgehalt) wie sonst üblich auf. Die Ersparnis an Kakaobutter spricht zugunsten des Flügelradreibers und muß bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung unbedingt berücksichtigt werden, um so mehr, weil durch den geringen Fettgehalt gleichzeitig das Aroma der Ware verfeinert wird. Die Verarbeitung im Rundreiber dauert nur 24 bis 28 h gegenüber einer Verarbeitungsdauer von 68 bis 75 h in der Längsreibmaschine. In kurzen Worten zusammengefaßt ergibt sich: Zeit, Arbeitslohn und Arbeitskraft werden bei gleichzeitiger Verbesserung der Ware erspart.

Während der Bearbeitung der Masse in der Umlaufmaschine ist deutlich an der Abstreicherstütze die Senkung der Oberfläche der Masse ersichtlich, ebenso ihr Aufquellen am ganzen Umfange des Behälters. Außerdem bewegt sich der gesamte Inhalt noch in der Drehrichtung. Trotz dieser beiden Bewegungen wird die Masse aber an keiner Stelle zerrissen oder andern gewaltsamen Eingriffen ausgesetzt, die, wie schon gesagt, auf die Aromaentwicklung von nachteiligem Einfluß wären.

Der Umlaufreiber kann während des ganzen Arbeitsganges geöffnet bleiben. Die große Oberfläche der Masse gestattet der Feuchtigkeit ungehinderten Abzug; ebenfalls kann neue Masse zugesetzt und während des Betriebes die Maschine vollkommen entleert werden. Ein großer betriebswirtschaftlicher Vorteil ist, daß bei Nachtbetrieb die Flügelradreiber ohne besondere Aufsicht arbeiten, was in größeren Fabriken eine ganz erhebliche Lohnersparnis bedeutet.

Der Wärmschrank

Die Schokoladenmassen müssen, je nach der Beschaffenheit der Ware und der vorhandenen Arbeitsmaschinen, 3 bis 5 Tage im Wärmschrank bei einer Temperatur von 80° ruhen. Je gleichmäßiger die Temperatur hierbei ist, um so feiner bildet sich das Aroma. Der Vorgang wirkt außerdem günstig auf das Freiwerden von Kakaofett ein und vermindert damit den Bedarf an Butter. Als Wärmkammern werden meist besonders dafür gebaute oder vorhandene Räume benutzt, die 4×25 m² Grundfläche und mehr haben. Neben der kostspieligen Heizung derartiger manchmal ganz ungeeigneter Räume haben sie den großen Nachteil, daß sie während des Ein- und Ausbringens der Masse vom Personal begangen werden müssen. Infolge des Öffnens der Türen geht ständig ein erheblicher Teil der Wärme verloren. Noch nachteiliger aber ist, daß die Temperatur nicht auf 80° gehalten werden kann, weil der Aufenthalt in einem solchen Raume nicht möglich wäre. Die Folge davon sind Temperaturschwankungen in weiten Grenzen zum Nachteil für die Ware.

Diese Nachteile beseitigt der Karussellwärmschrank Abb. 4 und 5[2]), der auch durch Einbau von Kühlschlangen als Kühlschrank benutzt werden kann. Die Abbildungen zeigen deutlich, daß man alle überflüssigen Lufträume vermieden hat und auf kleinstem Raum die denkbar größte Menge an Schokoladenmasse lagern kann. Der Schrank wird durch die der Größe der Mulden angepaßten Klappen beschickt und entleert. Temperaturschwankungen von Bedeutung treten dabei nicht ein. Der Wärmschrank läßt sich wegen seiner geringen Abmessungen ganz in der Nähe der Maschinen aufstellen, so daß man die Schokoladenmasse nicht unter Zeitverlust zu befördern braucht. Die bisherigen praktischen Versuche mit diesem Schrank sind außerordentlich günstig ausgefallen und zeigten nicht nur eine Erhöhung der Leistung, sondern auch der Güte der Ware. [B 1104]

[2]) DRP Nr. 409 442.

Die Ausbildung und Fortbildung des Konstrukteurs

Anregungen aus der Fachsitzung „Ausbildungswesen" gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure am 9. Juni 1928

Wer, wie der Verein deutscher Ingenieure, das Ganze der technischen Ausbildung für unsern schönen Ingenieurberuf zu fördern trachtet, muß Ausbildung und Fortbildung, muß die grundlegende Entwicklung und die sich daran anschließende Vertiefung durch Weiterausbildung im Auge behalten und sich dieser beiden verschiedenartigen Aufgaben und ihrer Wechselwirkung und Ergänzung bewußt bleiben. Aus solchen Gedankengängen heraus ergab sich in diesem Jahre die erwähnte zweiseitige Behandlung der Konstrukteurfragen. Neben diesen sachlichen Gründen wirkte auch ein organisatorischer in glücklicher Weise mit, da der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen insonderheit die Erziehung des werdenden Ingenieurs, der Verein deutscher Ingenieure und seine Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure die Förderung des bereits im Berufsleben stehenden Ingenieurs sich als Aufgabe gestellt haben.

Der Verein deutscher Ingenieure und die Fortbildung der Ingenieure

Wie umfassend die Bemühungen des Vereins auf dem Gebiete der Fortbildung geworden sind, zeigten die einleitenden Ausführungen seines Direktors, Prof. Matschoß. Wie außerordentlich wirken die Vorträge und die Veröffentlichungen des Vereines als Fortbildungsmittel im weiteren Sinne! Im engeren, unmittelbareren Sinne wies der Vortragende auf die bereits vor dem Krieg begonnenen Unterrichtskurse hin, die er in fünf große Gruppen einteilte: physikalisch-mathematische Grundlagen, Fortbildung der Konstrukteure, Werkstoffkunde, das gesamte Gebiet der Fertigung und wirtschaftliche Fragen, über deren Inhalt und Durchführung er sich näher verbreitete.

Durch die zweite Gruppe: die Fortbildung der Konstrukteure, war die Brücke von den gesamten Bestrebungen des Vereines zur Sonderaufgabe des Tages geschlagen.

Die Erziehung des Konstrukteurs

Erinnerungen an die Zeit Riedlers und seines unermüdlichen Kampfes für die volle Geltung konstruktiven Könnens kamen unwillkürlich, als im ersten Hauptteil der Fachsitzung von dem derzeitigen Rektor der Technischen Hochschule Karlsruhe, Prof. Kluge, der werdende Konstrukteur in den Mittelpunkt der Betrachtung über zweckmäßigste Hochschulausbildung gestellt wurde, — wohl zum erstenmal nach langer Zeit. Ob nicht in der langen Zurückstellung dieser bedeutungsvollen Angelegenheit auch eine Bestätigung der Tatsache einer gewissen Geringschätzung des Konstrukteurs liegt, die der Vortragende einleitend mit Bedauern feststellte? Seine Darlegungen mit ihrer Fülle interessanter Einzelheiten werden in voller Ausführlichkeit in der „Technischen Erziehung"[1]) gebracht werden; hier können nur andeutungsweise die Hauptgesichtspunkte behandelt werden.

Die Frage der Erziehung ist infolge der gewaltigen Entwicklung der Technik und der Notwendigkeit, das achtsemestrige Studium beizubehalten, außerordentlich verwickelt geworden. Die Reformwünsche einer Richtung zielen nach stärkerer Betonung der theoretischen Grundlagen, die einer andern nach Erziehung möglichst vollwertiger praktischer Konstrukteure schon auf der Hochschule. Kluge verlangte vermittelnd vertieften mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht auf der Hochschule während des ganzen Studiums und unter steter Betonung der praktischen Anwendung, suchte aber zugleich unter Anwendung aller pädagogischen Maßnahmen und unter tunlichster Ersparnis an Zeit der Forderung nach gründlicher konstruktiver Vorbildung des Diplomingenieurs gerecht zu werden. Demzufolge wollte er die einzelnen Lehrfächer, wo irgend angängig, zusammenlegen oder aufeinander abstellen, so z. B. Maschinenzeichnen und darstellende Geometrie, wollte den Studierenden mittels der Maschinenteile, also in Teilaufgaben, die aber werkstattmäßig durchgeführt werden, in den ersten fünf bis sechs Semestern konstruktiv vielseitig vorbilden und ihn dann etwa in den letzten drei Semestern auf eine große konstruktive Aufgabe an einer selbstgewählten Maschinengattung konzentrieren. Er betrachtete dabei das erwählte Sondergebiet als Kerngebiet, auf das der Studierende auch seine übrigen Studien abstellen sollte. Ein konstruktives Seminar etwa im letzten Semester sollte eine weitere Vertiefung für die angehenden Konstrukteure bringen. Durch diese bewußte Beschränkung wollte er die stets drohende Zersplitterung und Verflachung, die die schöpferisch konstruktive Arbeit nicht verträgt, beseitigen. Selbstverständlich sollen auch Werkstattechnik, Stoffkunde, Kalkulation, elektrotechnische, wirtschaftliche und rechtliche Grundlagen in Vorlesung, Übung und Prüffeld erarbeitet werden. Ebenso braucht der Konstrukteur die theoretischen Grundlagen, aber wiederum in enger Verbindung mit den Vorlesungen über die einzelnen Maschinengattungen. Einzelvorlesungen wären zu größeren Gebieten zusammenzufassen, z. B. alle Kolbenmaschinen einerseits und alle Strömungsmaschinen anderseits. Jede Wiederholung sollte fortfallen; der Studierende sollte unter Betonung der Zusammenhänge zu möglichst selbständiger Erarbeitung der wichtigsten Grundlagen angeleitet werden. Der Vortragende trat unbedingt für Abschaffung der Teilprüfungen ein und für besondre Wertung der konstruktiven Arbeiten in der Abschlußprüfung. Daß eine planmäßige, wohl verteilte praktische Ausbildung zum unentbehrlichen Rüstzeug des angehenden Konstrukteurs gehört, wurde vom Redner besonders betont. In Übereinstimmung mit den Beschlüssen der Hochschulen[2]) empfahl er, das erste Praktikantenhalbjahr vor den Studienbeginn, das zweite hinter die Vorprüfung zu legen.

Der Standpunkt der Hochschule fand seine betriebseitige Ergänzung in den lebendigen Ausführungen des Betriebsdirektors Franz Schultz, Köln-Deutz, der insbesondere auch auf die Konstrukteure aus den technischen Mittelschulen einging. In der Praxis würde der Konstrukteur unabhängig von seiner Vorbildung nach einiger Zeit der Einarbeitung nur nach seinen Leistungen bewertet. Wie trotz der statistisch feststellbaren, verhältnismäßigen Zunahme der Akademiker doch noch der Absolvent der Maschinenbauschule unter den Konstrukteuren überwiege, ging daraus hervor, daß in den dem Redner nahestehenden Betrieben nur 10 vH Akademiker und daß die zehn am höchsten bezahlten Ingenieure in den verschiedenen Büros zweier Werke nur zu 40 vH Akademiker wären. Leider hätte man derartige und noch weiter reichende statistische Feststellungen anderweitig noch kaum gemacht, jedenfalls nicht veröffentlicht, obwohl sie von größtem Werte wären. Der Redner ging in fesselnder Weise von den Ansprüchen aus, die an einen Konstrukteur gestellt werden müßten, unbeschadet der grundsätzlichen Feststellung, daß der gute Konstrukteur geboren würde und durch Erziehung nur wenig zu beeinflussen wäre. Er unterschied zunächst drei Forderungen: den Blick für neue technische Bedürfnisse, das Erschauen der fertigen Lösung und die wissenschaftliche Überprüfung, außerdem zwei weitere: die künstlerische Formungskraft und die Praxis, d. h. die genaue Kenntnis von Stoff und Fertigung. Die zuletzt genannten Anforderungen machten nach ihm den Konstrukteur im engeren Sinn aus und sollten bei den Absolventen der technischen Mittelschulen mit ihrer wesentlich größeren Praxis besonders entwickelt werden. Die drei erstgenannten Erfordernisse sollten vor allem dem wissenschaftlich durchgebildeten Hochschulabsolventen mit der kleineren Praxis eigen sein. Vorbild und Übung müßten dann ein übriges tun. Hierzu verlangte Schultz mindestens einen oder zwei ausgesprochen konstruktiv begabte Lehrer für jede Hochschule. Er konnte ferner den Wert langer praktischer Arbeit im Betriebe nicht hoch genug einschätzen und war mit Prof. Kluge der Meinung, daß auch von seiten der Werke durch erhöhte Besoldung der schwierigen hochwertigen Arbeit des Konstrukteurs Gerechtigkeit widerfahren müßte.

Nach diesen Ausführungen, die auf das Intuitive im Konstruktionsfach besonderen Wert legten, gab Studiendirektor Prof. Hoeltje von der Staatlichen Maschinenbauschule Essen, nachdem er sich zu den Ausführungen Prof. Kluges geäußert hatte, weitere Ergänzungen über die Ausbildung des Mittelschulkonstrukteurs, die späterhin in den Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses eingehender behandelt werden sollen. Er betonte besonders die betriebliche Seite und trat für eine pädagogisch systematische Entwicklung des werdenden Konstrukteurs, ausgehend von der völligen Durcharbeitung einfachster Maschinenteile bis zu größeren Aufgaben aus dem Gebiete des Vorrichtungsbaues und schließlich der Hebe- und Kraftmaschinen ein. Übereinstimmend mit dem Vorhergehenden wurde auch hier der selbständigen Arbeit des Schülers besonders das Wort geredet.

Im weiteren Verlaufe der Erörterungen konnte Studienrat Dipl.-Ing. Erkens einen allseits beifällig aufgenommenen kurzen Bericht über bereits durchgeführte planmäßige und neue Methoden zur Erziehung des angehenden Konstrukteurs in der Beuth-Schule, Berlin (Leiter Oberstudiendirektor C. Volk), geben und durch einige lehrreiche Lichtbilder beleben. Er hat darüber bereits eingehend berichtet[3]).

[1]) „Technische Erziehung" (Deutsch. Aussch. f. Techn. Schulw.) Bd. 3 (1928) Heft 8.

[2]) Vergl. Ausführungsbestimmungen für die praktische Ausbildung der Studierenden des Maschinenbaues, der Elektrotechnik und verwandter Fachrichtungen. Zu beziehen vom Deutschen Ausschuß f. Techn. Schulwes., Berlin W 35, Potsdamerstr. 119b, oder von den Praktikantenämtern der Techn. Hochschulen; Preis 15 ₰.

[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 684 u. Bd. 72 (1928) Nr. 1 S. 17; vergl. auch „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 393 u. Bd. 6 (1927) S. 652.

Das ist, soviel bekannt, wohl einer der ersten Versuche zur Schaffung einer auf pädagogischen Grundsätzen beruhenden methodischen Konstruktionslehre, die nach Volk nicht von Maschinenteilen, sondern von Konstruktionsteilen ausgeht und Schritt für Schritt den Jünger dieser Kunst die Schwierigkeiten überwinden läßt. Der schwierige Übergang von der philologischen Bildung der allgemeinbildenden Schulen zum anschauenden Unterricht der Technik kann in der Tat nicht sorgfältig genug durchgeführt werden. Die Beispiele aus der Schülerpraxis wie die Methode selbst ließen bei weiterem Ausbau das beste für die planmäßige Entwicklung konstruktiven Könnens erhoffen.

Oberstudiendirektor Dr. Jahn zeigte in seinen allgemein erzieherisch gehaltenen Darlegungen, daß seine theoretischen Überlegungen und die daran anknüpfenden Erfahrungen in den von ihm geleiteten Technischen Staatslehranstalten zu Bremen durchaus in Richtung der Absichten Prof. Kluges lägen. Man sollte den Unterricht nicht nach Sonderfächern, sondern nach Anschauungsbereichen einteilen. Er unterscheidet dabei deren drei: den physikalischen, den Stoffbereich und die wissenschaftliche Gestaltung oder die Erziehung des Konstrukteurs. Ferner müßte man unter allen Umständen das Zuviel an Stoff im Unterricht vermeiden, zumal es sich meistens um unproduktiven Stoff handele. Er betonte dabei immer wieder die gesamterzieherischen Bestrebungen, zu denen das Lehrerkollegium sich zusammentun müßte[4]). Auch von seinem Standpunkt aus erscheinen die Wege von Volk und Erkens als Fortschritt.

Die Fortbildung der in der Praxis tätigen Konstrukteure

Dem bereits oben erwähnten zweiten Teile der Konstrukteurausbildung, nämlich der Konstrukteurfortbildung nach dem Studium im Beruf, widmete Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. techn. h. c. E. A. Kraft, Berlin, seine Ausführungen vom Standpunkte der Praxis. Er verglich den auch von ihm sehr hoch eingeschätzten Beruf des Konstrukteurs mit dem des schaffenden Künstlers: eine ausgesprochene Veranlagung, Phantasie, Kombinationsgabe, vor allem konstruktives Gefühl wären Vorbedingung. Die persönliche Unterweisung könnte sich nur auf das erlernbare Wissen erstrecken, die schöpferischen Gedanken, die niemand geben kann, müßten dann daraus erwachsen. Doch wären die handwerklichen Grundlagen wie bei dem Renaissancekünstler unentbehrlich für die spätere schöpferische Betätigung.

Demnach müßte der Konstrukteur an seiner Fortentwicklung das meiste selbst tun und unaufhörlich Kenntnisse befestigen und erweitern und den Schatz seiner Erfahrungen vermehren. Gerade in größeren neuzeitlichen Betrieben mit ihren weitgehenden Arbeitsunterteilungen bestände die besondre Gefahr der Verengung und Vereinseitigung, während doch das Neugestalten einen weiten umfassenden Blick verlangt. Darum wäre dem Konstrukteur das Studium des einschlägigen technischen Schrifttums auch auf den Nachbargebieten und in den fremdsprachlichen Zeitschriften zu empfehlen. Der Besuch von Vorträgen und Kursen und Besichtigungen fremder Werke und Betriebe wären ebenso unerläßliche Fortbildungsmittel.

Zur Selbstvervollkommnung müßte heute mehr denn je die Förderung durch die Werke selbst hinzutreten, schon zum — wohlverstanden — eigenen Nutzen. Hier bliebe bei der Ungunst der Zeiten in wirtschaftlicher und politischer Hinsicht für solche Bestrebungen noch sehr viel zu tun übrig. Der Vortragende gab den Betrieben gar viele Anregungen zur Bereicherung des Konstrukteurs. Im Konstruktionsbureau befürwortete er im Gegensatz zu den heute noch vielfach vorkommenden „Ressort"-Beschränkungen einen ergiebigen Gedankenaustausch zwischen den Konstrukteuren der verschiedenen Abteilungen, ja selbst den Austausch der Konstrukteure in Person innerhalb des Werkes. Die älteren Konstrukteure sollten in Sitzungen nach amerikanischem Vorbilde anregenden gegenseitigen Gedanken- und Erfahrungsaustausch pflegen. Auch zur Werkstatt müßten ausgiebige Beziehungen planmäßig gepflegt werden, damit die Konstrukteure in der Fertigung immer mehr heimisch würden. Statt des heute noch vielfach anzutreffenden Gegensatzes müßte Gemeinschaftsarbeit zwischen Bureau und Betrieb eintreten. Ferner wurde für den neuzeitlichen Konstrukteur, in Übereinstimmung mit dem Sinne der vorjährigen Werkstofftagung, ein wesentlich vertieftes Eindringen in die Werkstofffragen gefordert, gegebenenfalls durch Teilnahme an Werkstoffprüfungen. Besondere Beachtung verdiente auch der Vorschlag, einen Austausch der Konstrukteure gegen Montage- und Betriebsbeamte für gewisse Zeiten vorzusehen. Sicher wäre, daß die Kenntnis des andern Gebietes für das verständnisvolle Zusammenarbeiten der in Betracht kommenden Werkabteilungen von großem Werte sein könnte, wenn auch die Durchführung Schwierigkeiten bereiten dürfte. Der Vortragende wies ferner noch auf die bereits von seinem Vorgänger Lasche eingeführten Textblätter und Berichte hin, die als ein Archiv für Betriebserfahrungen manche Wiederholung von Fehlern vermeiden halfen.

[4]) „Technische Erziehung" Bd. 2 (1927) S. 133.

Daß der Konstruktions-, Kalkulations-, Patent- und Normenkenntnis keineswegs entbehrt werden könnte, braucht nur angedeutet zu werden. Der Vortragende ging zuletzt noch auf die neue Art der Ingenieurpraktikantenausbildung ein, die verschiedene große Firmen bereits mit Erfolg eingeführt hätten, um vielseitig ausgebildete Ingenieure für den Dienst in der Firma heranzubilden, und er hoffte, daß auch die Zahl der Konstrukteurpraktikanten sich nach und nach vergrößern ließe.

Zum Schluß empfahl er, sich der menschlichen Seite zuwendend, dem in der Stille wirkenden Konstrukteur in sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht größere Anerkennung zuteil werden zu lassen; dann würde dieser das „Hirn des Betriebes" darstellende Beruf nicht nur Durchgangsposten zu „lauteren" und daher angeseheneren Betätigungen sein, und man würde den steten Mangel an guten Konstrukteuren beheben können.

In der anschließenden Erörterung stimmte Prof. Bonin den Ausführungen Prof. Krafts weitgehend zu, doch bezweifelte er den Erfolg der äußeren Maßnahmen, so lange nicht das Ansehen der Konstrukteure gehoben würde. Heute, wo die Schule noch weniger Zeit für die unentbehrlichen allein fördernden, konstruktiven Übungen hätte, müßte der Konstrukteur in der Praxis erst recht von sich aus an seiner Fortbildung unermüdlich arbeiten. Er gab hierzu wertvolle Anregungen: Nicht die erste Lösung als beste ansehen, durch Abwandlung bis zur größten Einfachheit und Wirtschaftlichkeit dringen, dabei sich nicht in Tüfteleien verbohren. Gefühl für die Wirkung der Kräfte und für die Formänderung sind durch Übung zu fördern und durch Rechnung nachzuprüfen, gute Vorbilder, auch die der Konkurrenz, zu beachten, Klarheit in den Zeichnungen, den eindeutigen Befehlen an die Werkstatt, anzustreben. Trotz Anerkennung und Anwendung der Normen sich unabhängig halten und auf der steten Suche nach besseren Lösungen zu bleiben, wäre Aufgabe des Konstrukteurs. Als Anfangstellung böten die kleineren Fabriken am leichtesten die Vorteile umfassender Betätigung. Schließlich schlug er vor, den Namen des Konstrukteurs mit wohlgelungenen Konstruktionen zu verknüpfen, um den Anreiz für den Ingenieurnachwuchs zum Konstruktionsfach zu erhöhen.

Nach allen diesen mehr in die Zukunft weisenden Wünschen und Anregungen berichtete Oberstudiendirektor Volk, Berlin, über die unter seiner Leitung vom Verein deutscher Ingenieure veranstalteten Kurse für die planmäßige Fortbildung der Konstrukteure der Praxis. Namhafte Vertreter der Wissenschaft und Praxis haben hier in Gemeinschaftsarbeit zusammengewirkt, um in Vorträgen und Übungen an einer einzigen Aufgabe, der Konstruktion einer Schubstange, alle erforderlichen konstruktiven Gesichtspunkte und Zusammenhänge zu erschöpfen.

Überblickt man die Fülle der in den wenigen Stunden gebotenen Anregungen, so konnte man mit dem Vorsitzenden, Direktor Blaum, Bremen, nur wünschen, daß recht Vieles sich bald in die Tat umsetzen möchte. [N 1811]

Berlin Dr.-Ing. R. Harm

Selbsttätige Schweißmaschine

Auf Grund von Versuchen hat die Lincoln Electric Co. ihre selbsttätigen Schweißmaschinen mit einer neuen Einrichtung, „Electronic Tornado" genannt, ausgerüstet: Ein starkes magnetisches Feld macht die Magnetfelder des Lichtbogens und des Werkstückes, durch das der Schweißstrom fließt, unwirksam, so daß der Lichtbogen ohne zu flackern in der Richtung des Schweißstabes brennt. Der Schweißstab läuft mit hoher Drehzahl um, damit er überall gleichmäßig schmilzt, er wird selbsttätig vorgeschoben, wobei sich die Länge des Lichtbogens in Abhängigkeit von der wechselnden Lichtbogenspannung regelt. Damit die Schweiße nicht oxydiert, wird von der Umhüllung des Schweißstabes eine Kohlenoxyd-Atmosphäre an der Schweißstelle erzeugt. Da in der Schweißhitze das Kohlenoxyd zu dem unschädlichen Kohlendioxyd verbrennt, wird das Schweißpersonal nicht gefährdet. („American Machinist" Bd. 68 (1928) Nr. 2[illegible] S. 891) [N 1813 i] Pa.

RUNDSCHAU

Gießerei

18. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Gießereifachleute

Unter dem Vorsitz von Dir. Dr. Humperdinck, Wetzlar, fand in den Räumen des Ingenieurhauses in Berlin am 6. Mai die 18. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Gießereifachleute statt. Sie war von über 300 Teilnehmern aus allen Teilen des Reiches besucht.

Am Vortage der Hauptversammlung fanden vormittags Besichtigungen des Großkraftwerks Klingenberg, Rummelsburg, und der Gießerei der Firma Hartung A.-G., Lichtenberg, in zwei Gruppen statt, während die Damen die Staatliche Porzellanmanufaktur und die Ausstellung „Ernährung" besuchten. Am Nachmittag schlossen sich an eine Sitzung des Vorstandes und Vorstandsrates im großen Saale des Ingenieurhauses drei Fachvorträge an.

Als erster sprach Dir. S. Petin, Hannover, über

die Gießtechnik für Grauguß.

Er wies auf die Notwendigkeit hin, die bisher noch fehlenden wissenschaftlichen Grundlagen für eine sachgemäß arbeitende Gießtechnik aufzustellen; hiervon werde in erster Linie die Höhe der Ausschußziffer beeinflußt. Anstatt, wie heute üblich, die Größe der Eingüsse und Anschnitte gefühlsmäßig festzulegen, müssen Wissenschaft und Praxis in gemeinsamer Arbeit versuchen, an Stelle dieser gefühlsmäßigen zahlenmäßig bestimmbare Größenverhältnisse festzulegen.

Im zweiten Teile des Vortrags wurden Formeln zur Bestimmung des Eingußquerschnitts und der Ausflußgeschwindigkeit des flüssigen Eisens entwickelt, deren Ergebnisse im Lichtbild schematisch zusammengestellt waren. Gleichzeitig wurden Versuchsergebnisse bekanntgegeben, die beim Gießen aus Gießtrommeln von etwa 1000 kg Inhalt und Handpfannen von 25 kg Fassung erreicht wurden. Auch sie waren in Lichtbildern übersichtlich zusammengestellt und ausgewertet. Es wurde festgestellt, daß die Durchflußmenge in kg/s für 1 cm^2 Durchflußquerschnitt bei gleicher Versuchsanordnung wechselt, sie verringert sich mit zunehmendem Durchflußquerschnitt. Zusammengefaßt ergab sich als Schlußfolgerung aus den Versuchsergebnissen:

1. für die Bestimmung des Eingußquerschnittes ist in erster Linie die aus einer Gießpfanne sekundlich vergießbare Eisenmenge maßgebend;
2. bei gleicher Gießpfannengröße erhöht sich die Ausflußmenge, wenn mit Stopfen gegossen wird;
3. die Durchflußmenge, bezogen auf 1 cm^2 Eingußquerschnitt, nimmt mit Vergrößerung des Eingußquerschnittes ab;
4. die Durchflußmenge ist abhängig von dem Verhältnis: Eingußquerschnitt zum Anschnittquerschnitt. Der größte Durchflußwert ergibt sich beim freien Fall;
5. auf Grund von Versuchsreihen kann man Schaubilder für die allgemein im Gebrauch befindlichen Gießpfannen aufstellen, aus denen für einen beliebigen Eingußdurchmesser die sekundlich durchfließende Eisenmenge abgelesen werden kann. Die Gießzeit t ergibt sich dann aus der Formel:

$$t = \frac{G}{G_s}$$

(G bezeichnet das Gewicht des Gußstückes, G_s die sekundlich durchfließende Eisenmenge).

Die Anwendung der Versuchsergebnisse auf die praktische Gießtechnik zeigte der Vortragende am Schluß seiner Ausführungen, wo er die verschiedenen Arten der Eingüsse, Eingußtümpel, Läufe und Anschnitte behandelte und die zweckmäßige Verbindung von Einguß, Lauf und Anschnitt unter Verwendung verschiedener Formeln aufzeigte. Die Beispiele wurden an der Hand zahlreicher Lichtbilder erläutert, außerdem waren im Vorraum eine Anzahl wirklicher Gußstücke mit Angüssen ausgelegt, die man nach den von Petin aufgestellten Grundlagen der Gußtechnik hergestellt hatte. Sie zeigten durchweg ein sehr gutes Aussehen.

Die

Verwendbarkeit des Stahlgusses im Vergleich zu Grau- und Temperguß

behandelte Dir. Fr. Herkenrath, Bonn. Soll die Möglichkeit bestehen, Grau- und Temperguß durch Stahlguß zu ersetzen, so müßten, da Stahlguß teurer ist, die entsprechenden Bauteile um so viel leichter gehalten sein, daß sich die Preise ausgleichen. Theoretisch ist das zwar möglich, da die Zähigkeit des gegossenen Stahls die des Graugusses um ein Vielfaches übertrifft. Da aber im Maschinenbau oft der Grauguß gerade seiner Starrheit wegen als Baustoff verwendet wird, kommt ein Austausch mit Stahlguß hier nur selten in Frage. Wo aber neben hohen Festigkeitseigenschaften die hohe Dehnung den Verwendungszweck von Stahlguß begünstigt, hat er das Gußeisen weitgehend verdrängen können, so z. B. im Dampfkesselbau für Kesselstützen, Rohrabzweigungen und Ventile namentlich bei hohen Dampfdrücken.

Weit verbreitungsfähiger ist jedoch der Ersatz des Tempergusses durch Stahlguß. Wenn dieser nur langsam vor sich geht, so deshalb, weil sich der Stahlguß als jüngste Herstellungsart des vergießbaren Eisens noch nicht alle Verfahren der Massenanfertigung zunutze gemacht hat, die der viel ältere Temperguß bereits seit langem kennt. Die schlechtere Vergießbarkeit, die geringe Widerstandfähigkeit des verwendeten Formstoffs waren bisher das Haupthindernis. Das darf heute als überwunden gelten, wie der Vortragende an ganz dünnwandigen Stahlgußstücken von hoher Genauigkeit zeigen konnte. Als Schmelzvorrichtung kommt für solche vornehmlich der Elektroofen in Frage, unter dessen verschiedenen Ausführungsarten dem Hochfrequenzofen, dessen Anwendung erst seit kurzem bekannt ist, eine bedeutungsvolle Zukunft in Aussicht gestellt wird.

Über

die Sonderbauformen und Sonderbetriebsformen des Kuppelofens

berichtete Dipl.-Ing. L. Schmid, Berlin. Die Bauarten verfolgen entweder das Ziel wärmetechnischer oder das metallurgischer Verbesserungen. Die ersteren sollen durch den Ersatz des Kokses durch flüssige und staubförmige Brennstoffe erreicht werden, weiter durch Beschränkung der Kohlenoxydbildung in der Reduktionszone, durch Sekundärluftverbrennung dieses Gases und durch Erhitzen des Gebläsewindes. Die metallurgischen Verbesserungen zielen darauf hin, die Schwefelanreicherung zu vermindern und ein hochwertiges, also niedrig gekohltes und hoch überhitztes Gußeisen herzustellen.

Technische und wirtschaftliche Vorteile sind mit einem Ersatz des Kokses durch andre feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe bisher nicht erreicht worden, während man mit Öl- und Kohlenstaub-Zusatzfeuerungen befriedigende Ergebnisse zeitigen konnte.

Der für den Wärmehaushalt des Kuppelofens sehr schädlichen Kohlenoxydbildung in der Reduktionszone mit Einführung von Sekundärluft zu begegnen, befriedigte wenig, während das Corsalli-Verfahren, nach dem der Koks durch Eintauchen in Kalkmilch schwer verbrennlich gemacht wird, Erfolg hatte. Eine Kühlung der Reduktionszone durch Einblasen abgekühlter Gichtgase, von Wasserdampf oder Wasser und durch Anfeuchten des Satzkokses bietet manche Vorteile.

1885 versuchten Greiner und Erpf mit gutem Erfolg die sekundäre Verbrennung des Kohlenoxyds in der Vorwärmzone des Schachtes durchzuführen. Dies Verfahren erfordert aber sehr hohe Öfen, die sich nur selten den Abmessungen der Gießereigebäude anpassen lassen. Neuerdings wurde dieser Ofen durch die aus Belgien stammenden Poumay-Kuppelöfen etwas verbessert, ihre bisher bekanntgegebenen Betriebsergebnisse ermöglichen indessen noch keine einwandfreie Beurteilung dieser Verbesserung.

Bei dem 1922 entstandenen Schürmann-Ofen wird ein Teil der Verbrennungsgase unmittelbar aus der Verbrennungszone bzw. Reduktionszone des Schachtes entnommen und in Winderhitzern zur Erhitzung des Gebläsewindes ausgenutzt. Bei dem Schürmann-Ofen kann man billige Gattierungen anwenden und etwas an Satzkoks ersparen; diese Vorteile sind aber nicht so bedeutend, daß sie die Aufstellung dieser teuren Einrichtung namentlich in kleineren Gießereien rechtfertigen könnten.

Die entscheidende Wirkung rein alkalischer Schlacken hat Walter zuerst erkannt. Anstatt das Entschwefeln in Kranpfannen oder besonderen Entschwefelungsherden, wie es anfänglich geschah, vorzunehmen, führt man es heute im Ofen selbst auf die Weise aus, daß man das flüssige Gußeisen schon beim Austritt aus dem Ofenschacht von seiner sauren Schmelzschlacke trennt und dann im Vorherd durch eine rein alkalische Schlacke entschwefelt. Hierauf beruhen die Verfahren von Luyken, von Rein und von den Freier Grunder Eisen- und Metallwerken.

Das Kennzeichen hochwertiger Gußeisen ist ein niedriger Kohlenstoffgehalt und eine feine gleichmäßige Ver-

teilung der Graphitschuppen, die nur durch eine hohe Überhitzung der Schmelze erreicht wird. Im Kuppelofen kann ein solches Gußeisen nur durch sehr hohe Stahlzusätze zur Gattierung, durch sehr starkes Blasen und durch Erhalten einer sehr hohen Verbrennungszone erschmolzen werden. Diese für den Kuppelofen unnatürlichen Betriebsverhältnisse dauernd durchzuführen und dabei ein stets gleichartiges Gußeisen zu erhalten, ist sehr schwierig. Für die Erzeugung eines hochwertigen Gußeisens ist der Kuppelofen nicht die richtige Schmelzeinrichtung, sondern der Elektroofen.

Die Hauptversammlung wurde am nächsten Vormittag durch den Vorsitzenden Dir. Dr. Humperdinck eröffnet. Er wies einleitend in seinen Ausführungen über

die gegenwärtige Lage der deutschen Eisengießereien

auf die zunehmende Verschlechterung des Beschäftigungsgrades der Gießereiindustrie hin, um dann zu betonen, daß die Wirtschaftslage und vor allem die Belastungsgrenze der Industrie wesentlich überschätzt werde; diese Überschätzung drohe einen gefährlichen Charakter anzunehmen, da die schleichende Selbstkostenkrise trotz aller Rationalisierungsmaßnahmen infolge zu hoher Löhne und Belastungen verschiedener Art nicht nur allgemein drohe, sondern an einzelnen Stellen schon ausgebrochen sei. Solange sich keine wesentliche Geschäftsbelebung einstelle, die auf einer gesunden Grundlage beruhe, befänden wir uns in einem Zustande, dessen verhängnisvolle Auswirkungen äußerst gefährlich anzusehen seien, wenn sie plötzlich in Erscheinung träten.

Die Gießereien stehen gewissermaßen unter der Einwirkung einer Zange, deren einer Hebel durch die immer schwerer werdenden Lasten, wie Löhne, Steuern usw., belastet werde, während an dem andern die Schwere des Kapitaldienstes hänge. Beider Wirkungen drückten beim Auslösen gemeinsam die Zange immer enger zusammen, und mancher Betrieb werde dadurch langsam, aber sicher zerdrückt, möge er auch nach den besten Grundsätzen der Betriebsführung geleitet werden.

Der Wettbewerb auf dem Auslandsmarkt sei durch die Höhe der Selbstkosten, die in ausländischen Gießereien erheblich weniger mit Kapitaldienst, Löhnen und öffentlichen Lasten beschwert seien, sehr schwierig geworden, ja es beginnen sich bereits Fälle zu zeigen, in denen ausländische Gießereien mit deutschen auf dem Inlandmarkt erfolgreich aus dem Wettbewerb hervorgehen, was weitere große Gefahren in sich berge.

Wollen sich die deutschen Gießereien erhalten, so müßten sie trotz der hohen und steigenden Löhne und der sonstigen Belastungen es binnen kurzem erreichen, ihre Selbstkosten auf ein den Weltmarktverhältnissen angepaßtes Maß zurückzuführen.

Die Mannigfaltigkeit von Wirtschaft und Technik verlangten starke Spezialisierung des Technikers auch im Gießereiwesen. Aber die Gießereispezialisten müßten auch ihre Allgemeinbildung soweit wie möglich ausdehnen, da fast alle Gebiete der Technik der Mitarbeit des Gießereifachmannes bedürften. Es sei daher Aufgabe des Vereins Deutscher Gießereifachleute, seinen Mitgliedern durch Wort und Schrift auf allen einschlägigen Gebieten beratend zur Seite zu stehen, im Geiste fachlicher Zusammengehörigkeit und sachlicher Verbundenheit. Der Wirkungskreis des Vereins werde in Zukunft auch fachliche Prüfung neuer Verwendungsmöglichkeiten für Gußerzeugnisse zu umfassen haben und nach wie vor die Forschungsarbeiten fördern müssen, deren Ziel die größtmögliche Steigerung der Güte und der Wirtschaftlichkeit ist.

Mit der Hoffnung, daß es dem deutschen Techniker gelingen werde, durch Tüchtigkeit und Fleiß Deutschlands frühere Geltung in der Welt wieder zu erringen, schloß der Redner seine gedankenvollen Ausführungen unter allseitigem starken Beifall der Versammlung.

Der Geschäftsführer, Hütteningenieur Fr. Bock, erstattete hierauf einen Bericht über die Tätigkeit während des abgelaufenen Geschäftsjahres. Als wichtigstes Ereignis hob er die Schaffung eines gemeinsamen Organs für die Gießereivereine Deutschlands hervor, das in Gestalt der Zeitschrift „Die Gießerei", Zeitschrift für Technik und Wirtschaft des gesamten Gießereiwesens, seit dem 1. Januar 1928 ins Leben gerufen worden ist. Erfreulich ist auch die stetige Zunahme der Mitgliederzahl, die sich im verflossenen Jahre um 153 erhöhen konnte.

Prof. Dr.-Ing. M. Frh. v. Schwarz, München, berichtete dann über

den gegenwärtigen Stand der Röntgentechnik und deren Nutzanwendung bei gegossenem Material.

Nach einem Hinweis auf die in den letzten Jahren mehr und mehr in Aufnahme kommenden Untersuchungsverfahren der Gußstücke auf Fehlstellen im Innern durch Röntgenstrahlen beschrieb er zunächst kurz die Apparaturen, deren Kosten und Einrichtungen, um dann auf die Verfahren der Röntgenuntersuchung einzugehen. Ein geschichtlich wertvolles Röntgenschattenbild aus dem Jahre 1897, von Röntgen selbst aufgenommen, wurde im Lichtbild gezeigt. Es läßt eigentlich schon alles erkennen, was durch dieses Untersuchungsverfahren zu erreichen ist. An der Hand verschiedener Lichtbilder werden dann die neuzeitliche Entwicklung, die Leistungsfähigkeit der Röntgendurchleuchtung und deren praktische Anwendung in Betrieben vorgeführt. Probestücke mit verschiedenen Bohrungen ließen insbesondere die Grenzen erkennen, bis zu denen man Fehler und Fehlstellen an Gußteilen noch mit Sicherheit auf dem Fluoreszenzschirm bei unmittelbarer Beobachtung und auf der Röntgenbildaufnahme festzustellen vermag. Weitere lehrreiche Bilder aus der Praxis und Beispiele von Kokillenguß, besonders Spritzgußteilen aus Aluminiumleichtlegierungen im Röntgenschattenbilde, ließen den hohen Wert dieses Untersuchungsverfahrens deutlich erkennen.

Mit Hilfe der Röntgendurchleuchtung kann auch die Kokillenform selbst leicht richtig gestaltet werden; auch für die richtige Anordnung von Eingüssen, Steigern usw. bei Sandformen bildet das Röntgenbild eine wertvolle Hilfe. Zum Schluß wurde noch auf Grund von Röntgenschattenbildern der Leichtkolben des Amerika-Flugzeuges „Bremen" der Wert der Röntgenuntersuchungen für die Praxis hervorgehoben.

Einen harmonischen Abschluß fand die Hauptversammlung durch die formvollendeten und warmherzigen Ausführungen von Prof. Dr. Horneffer, Gießen, über

die Vergeistigung der wirtschaftlichen Arbeit.

Der Mensch ist im Gegensatz zum Naturstoff ein biegsames, geschmeidiges Wesen, das man in jede beliebige Form pressen kann. Großartig sind Wirtschaft und Technik in der Beherrschung des Stoffes, versagen tun sie dagegen in dem Wichtigsten, nämlich der Menschenbehandlung. Wir müssen eine Wirtschaftspädagogik für reife Menschen schaffen; nur sie wird uns den Arbeitsfrieden bringen können, von dem wir heute im Wirtschaftsleben leider weiter entfernt sind als jemals zuvor. Durch soziale Gesetzgebung ist er nicht zu schaffen, sie bedeutet in ihrer heutigen Überspannung vielmehr eine ungeheure moralische Gefährdung unsres ganzen Volkes. Auf materieller Grundlage wird der Frieden in der Arbeit niemals geschaffen werden können, sondern nur auf ideeller geistiger. Jede materielle Besserung der Lage des Menschen führt zu neuen Forderungen. Es ist der große Fehler von Marx, daß er die materiellen Güter über alles stellt; denn alles Materielle ist begrenzt und nur in beschränktem Maße vorhanden, während seelische Güter unbegrenzt zur Verfügung stehen und daher durch Teilen nicht verkleinert werden. Das Glück, das jeder Mensch erstrebt, wohnt nicht beim materiellen Besitz, es ist vielmehr etwas rein Geistiges. Eine innere Befreundung der Volksgenossen untereinander ist nur in der Arbeit selbst möglich, indem ihr geistiger Wertinhalt erkannt wird. Der Arbeiter muß mit seiner Arbeit so verwachsen sein, daß er bei ihr an den Lohn nicht denkt. Das Problem lautet daher: Wie steht der Mensch zu seiner Arbeit?

Ursprünglich haßte der Mensch die Arbeit, daher die biblische Einstellung, wie sie sich im Sündenfall darstellt. Bei den Kulturvölkern der Römer und Griechen galt der Grundsatz: der freie Mensch arbeitet nicht, das tut nur der Sklave. Das Christentum mit seinem „Bete und arbeite" kannte die Arbeit nur als Pflicht, erfaßte aber nicht den Sinn der Freude, die in der Arbeit steckt. In den nördlicheren Ländern verlangte schon das Klima in weitaus größerem Ausmaß vom Menschen die Arbeit als im Süden, so erfand auch der nordische Mensch die Freude an der Arbeit, die bei den Zünften des Mittelalters ihren stärksten Ausdruck fand. Sie liebten die Arbeit und haben ihren Adel zuerst empfunden. Faust und Zarathustra singen beide das hohe Lied der schöpferischen Arbeit.

Die Technik hat die Grundlagen der Arbeit vollständig verändert, indem sie die Arbeitsteilung brachte, die zur Entfremdung zwischen Seele und Arbeit führte, indem der einzelne die Beziehung zum ganzen Werk verlor. Nicht anders ist es heute bei den Geistesarbeitern. Die Menschen stumpfen dadurch ab und werden zu Fronknechten der Arbeit, sie werden durch den Beruf zermürbt. Will man ihn zu seelenvoller Arbeit zurückfinden helfen, so muß man ihn das Gesamtwerk verstehen lehren, ohne dies ist Teilarbeit sinnlos. Es ist die brennendste Aufgabe der heutigen Zeit, Hand- und Geistesarbeiter wieder in intellektuelle Verbindung zum Arbeitsprozeß zu bringen, indem man den Arbeitsgruppen erklärt, wie das Gesamterzeugnis aus ihrer Teilarbeit entsteht und welche Bedeutung dieser daher für

das Gelingen des Ganzen zukommt. Die heutigen Wirtschaftsführer müssen sich aus Techniker, Kaufmann und Menschenbildner zusammensetzen. Die Wirtschaftspädagogik muß auf den Technischen Hochschulen als neues Fach eingeführt werden, die wieder ein gefühlsmäßiges Verhältnis des Menschen zur Wirtschaft erwecken lehrt. Der Verstand des Menschen ist auf den Hochschulen glänzend ausgebildet worden, dabei ist das Gemüt verkümmert.

Sprache des Gemüts ist die Kunst, d. h. die Wiederholung des Lebens im Spiel, in der Einbildung. Die Berufskunst idealisiert die Berufstätigkeit und bringt sie zu innerem Erleben. Wir haben diese Berufskunst, wie sie bei den Zünften so hoch in Blüte stand, verloren und sind zu nüchtern geworden. Die Arbeit macht den modernen Menschen im allgemeinen nicht mehr glücklich. Das Glück in der Arbeit wird nur der finden, der durch deren künstlerische Verklärung die Seele seiner Arbeit wieder empfindet.

Man sollte Festspiele auch der großen technischen Arbeit von heute schaffen mit der Sprache der Eisenhütten, in denen die Macht der Elemente, die Bändigung der Elemente den Sinn der Arbeit empfinden lassen und zeigen, wie heiße Glut in die Form sich ergießt und so die Form die Elemente bindet. Der Geist der Arbeit ist in der Form ihres Gesamterzeugnisses verwirklicht. Durch die Sprache der Gleichnisse, die ja die Sprache der Erziehung ist, muß und wird es gelingen, wieder eine Gilde der Arbeit zu schaffen, die alle umfaßt.

Die tief ergreifenden, gedankenvollen und anregenden Ausführungen schlossen mit den unsterblichen Schillerworten:

Den schlechten Mann muß man verachten,
Der nie bedacht, was er vollbringt.
Das ist's ja, was den Menschen zieret,
Und dazu ward ihm der Verstand,
Daß er im innern Herzen spüret,
Was er erschafft mit seiner Hand. [N 1646]

Hamburg Lohse

Luftfahrt

17. ordentliche Mitgliederversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt E. V.

Die 17. ordentliche Mitgliederversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt, der Vereinigung zur Pflege der Luftfahrtwissenschaft, fand vom 2. bis 5. Juni an Stätten alter deutscher Kultur, in Danzig und Marienburg, statt. Das Vereinsmäßige wurde im wesentlichen in der dreistündigen Sitzung des Vorstandsrates erledigt; die Abende waren gesellschaftlichen Veranstaltungen, der letzte Tag der Marienburg gewidmet. So blieb der größte Teil der Tagungszeit für eine Reihe bedeutsamer Vorträge, sieben allgemeine und fünf Sondervorträge, verfügbar.

Als gemeinsame Überschrift dieser Vorträge könnte man setzen:

Entwicklungsmöglichkeiten der Luftfahrt.

Schon der einleitende Vortrag des Leiters der Luftfahrtabteilung im Reichsverkehrsministerium, Ministerialdirigenten Brandenburg,

Gedanken über den Stand der deutschen Luftfahrt im Jahre 1928,

bot genug der Aufgaben und Aussichten für die nächste Zukunft. Wenngleich der Redner es ablehnte, ein Programm zu entwickeln, so stellte er doch im Lauf einer Stunde eine Fülle von Fragen knapp und klar heraus, und die lautlose Aufmerksamkeit der zahlreichen Zuhörer dankte ihm. Aus dem reichen Inhalt des Vortrages können hier nur Einzelheiten erwähnt werden:

Das innerdeutsche Luftrecht, das im Luftverkehrsgesetz begründet ist, wird nunmehr durch Ausführungsbestimmungen ergänzt. International arbeitet Deutschland an der Schaffung eines einheitlichen Luftverkehrsrechtes für die ganze Welt mit. Sobald die deutsche Luftfahrt gleichberechtigt wäre, ist Deutschland auch zum Anschluß an eine Weltkonvention imstande.

Die Grundlage unserer Luftfahrtbetätigung bildet der Luftverkehr, der mit öffentlichen Mitteln unterstützt werden muß. Reichsmittel fließen nur der Deutschen Lufthansa zu, und auch dieser in Zukunft lediglich für größere Strecken. Die Industrie leidet unter mangelndem Absatz, da ihr ja die Herstellung von Kriegsluftfahrzeugen auch für die Ausfuhr verboten ist. Die Weiterentwicklung geht oft zu stürmisch vor; größere Flugzeuge sind leider meist nicht wirtschaftlicher; die deutschen Flugzeuge werden vielfach zu teuer verkauft, im Gegensatz zu den Motoren. Bei diesen sind Sparsamkeit, das Gebläse für Höhenflug und vorübergehende Überlastung, der Schwerölmotor mit geringeren Brennstoffkosten und verminderter Brandgefahr lohnende Aufgaben der Weiterarbeit. Um die Normung zu fördern, wäre ein Einkaufsverband der Industrie zweckmäßig. Das Hauptziel der technischen Arbeit muß die Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs sein.

Die Ausbildung von Verkehrsfliegern hat Fortschritte gemacht. Daneben gilt es, weitere Kreise aller Berufe für das Fliegenlernen zu gewinnen. Die Anlage von Flughäfen ist ein erfreuliches Zeichen, daß die Stadtverwaltungen die Bedeutung der Luftfahrt erkannt haben; es ist aber leider nicht möglich, jeden Landeplatz in das Luftverkehrsnetz einzubeziehen. Der Vortragende schloß mit dem Hinweis auf die Tat, die den Anfang der Entwicklung kennzeichnet, und die wir in den deutschen Ozeanfliegern verkörpert finden.

Auf die Einwendungen des Aussprecheredners, Marinebaurat Engberding, erwiderte der Vortragende, daß das Luftschiff auf der vorigen Tagung in Wiesbaden von ihm wie in den Vorträgen eingehend behandelt worden sei, daß er es deshalb, weil keine neuen Tatsachen hinzugekommen sind, hier nicht erwähnt habe. Aus jedem Flugunfall lerne man, Gefahren zu meiden. Es ist aber, wie der Vergleich mit andern Verkehrsmitteln zeigt, unzweckmäßig, der Sicherheit auf Kosten der Wirtschaftlichkeit übermäßig Raum zu geben. Wollte man endlich dem Luftverkehr die Beihilfen kürzen, damit er schneller wirtschaftlich würde, so würde man ihn abdrosseln, ehe er wirtschaftlich geworden wäre.

Nach einem Vortrag von Dipl.-Ing. Bock, der auf Grund von Untersuchungen der Forschungsanstalt Professor Junkers in Dessau über die gegenseitige Beeinflussung vor allem von Luftschraube und Flugzeugflügeln die Einheit von Triebwerk und Flugwerk erörterte und unter anderm ein Flugzeug mit räumlicher Trennung von Motor und Schraube vorführte, sprach Geheimrat Prof. Dr. Lorenz, Danzig: Über

Weltraumfahrt und Raketenflug

in der Stratosphäre. Der erste Teil des Vortrages ist den Lesern dieser Zeitschrift im wesentlichen bekannt[1]). Wenn die Berechnungen des Vortragenden wirklich, wie in der Aussprache behauptet wurde, für das Raumschiff zu ungünstig sind, so zeigte die Gesamterörterung doch, daß wir von der technischen Möglichkeit, die Erde zu verlassen, noch himmelweit entfernt sind. Auch der Höhenfernflug mit Rückstoßern hat bei Verwendung der heutigen Treibmittel noch sehr wenig Aussicht, den Benzinmotor zu überflügeln: die erforderlichen Flugweiten sind auch dann, wenn man am Ende der Reise einen langen Gleitflug aus der Höhe zum Vergrößern der Strecke ausnutzt, nur mit einer wesentlich höheren Brennstoffüberlastung möglich als beim üblichen Antrieb.

Die Reihe der Fachvorträge begann der Abteilungsleiter der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Dr. H. Koppe, mit beifällig aufgenommenen Ausführungen über

die Bedeutung der Meßtechnik für die Luftfahrt.

Wenn man vor wenigen Jahren noch dieselben Gedankengänge den praktischen Fliegern vorlegte, begegnete man lebhafter Ablehnung. Heute ist die Erkenntnis, daß der Flieger schon bei der Ausbildung lernen muß, nach Meßgeräten zu steuern — das ergab auch die Aussprache zu dem Vortrag —, Allgemeingut geworden. Meßgeräte sind Ergänzung und Ersatz der Sinnesorgane; davon muß die Luftfahrt-Meßtechnik ausgehen. Ihre Grundlagen und Verfahren, ihre Anwendung im Luftverkehr und für die Forschung legte der Redner an Hand zahlreicher Lichtbilder dar.

Nicht minder bemerkenswert und für die allgemeininteressierenden Aufgaben des Höhenflugs grundlegend war das, was Dr. med. E. Gillert über

neuere medizinische Ergebnisse über Flug und Höhenflug

berichtete. Der Vortragende hatte sich in einer Unterdruckkammer auf 133 mm Q.-S. auspumpen lassen; das entspricht einer Höhe von 14,3 km. Bisher hatte man geglaubt, daß diese Höhe mit guter Sauerstoffatmung ertragen werden könnte[2]). Der Versuch zeigte jedoch, daß starke Bewußtseinstörungen und Krämpfe auftraten. Auch über das Nachlassen der geistigen Leistungsfähigkeit beim Aufenthalt in der verdünnten Luft ohne Sauerstoffatmung, also bei der Höhenkrankheit, wurden durch Schriftproben und Leistungsprüfungen bemerkenswerte Erfahrungen gewonnen und im Laufbild festgehalten. Gegenüber der Angabe von Abnahmefliegern, daß sie größere Höhen, als in der Unterdruckkammer ausgehalten wurden, im Flugzug ertragen hätten,

[1]) Z. Bd. 71 (1927), S. 651.

[2]) Ich habe, allerdings mit einer von mir hierfür gebauten Nasenmaske, die den schädlichen Raum vermindert, Höhen über 9 km ohne Beschwerden längere Zeit vertragen.

ist der Hinweis beachtlich, daß der Befallene selbst von der Höhenkrankheit nichts merkt und nach dem Wiederverdichten der Luft rasch geheilt ist, während z. B. — das erwähnte in der Aussprache Dr. med. Kaiser — das Atmen von sauerstoffarmer Luft bei gewöhnlichem Druck längere Beschwerden im Gefolge hat.

Von den übrigen Vortragenden erwähne ich Prof. Dr. H. Faßbender, der auf Grund von Flugversuchen über die zweckmäßigsten Wellen für den drahtlosen Langwellenverkehr mit Flugzeugen, neben den Kurzwellen für größere Entfernung, unter den Langwellen oberhalb 120 m statt der heutigen Betriebswelle von 900 m eine kürzere Wellenlänge bezüglich des Antennenwirkungsgrades für günstiger erklärte, und Dr.-Ing. Busemann, der die Strömungskräfte an Flügelschnitten nahe der Schallgeschwindigkeit mit Rücksicht auf die Vorgänge an den Flügelspitzen der Luftschrauben gemessen hat.

Die fünf weiteren Vorträge von Thalau, Wagner, Reißner, Tellers und Mathas waren der Festigkeitsberechnung an Flugzeugen und ihren Bauteilen gewidmet — alles in allem eine reiche Ausbeute der Tagung, die in jeder Beziehung befriedigte.

Berlin [N 1732] Everling

Neuer deutscher Dauerflug

Am 7. Juli 1928 ist gegen 23 h 30 min ein Fracht- und Postflugzeug von Junkers, Baumuster W 33, mit einem L 5-Motor von 280/310 PS Leistung und Metallpropeller von 3,3 m Dmr. gelandet, nachdem es unter Führung der beiden Flugzeugführer Risticz und Zimmermann 65 h 25 min und 14,9 s ununterbrochen in der Luft gewesen war. Flugzeuge gleichen Baumusters (mit Schwimmern) haben 1926 am Seeflug-Wettbewerb erfolgreich teilgenommen, haben im vorigen Jahr den Dauerflug von 52 h durchgeführt und in diesem Jahre den Atlantischen Ozean in der Ost-West-Richtung überflogen. Hiermit ist der vor kurzem aufgestellte Dauerrekord der Italiener um rd. 7 h überboten. Beim Abflug betrug das Leergewicht des Flugzeuges mit Kühlwasser und Öl im Gehäuse 1362 kg. Es war belastet mit 2385 kg Benzol, 75 kg Schmieröl, 13,5 kg für Bordgeräte, 15 kg Verpflegung, 150 kg Führergewicht, so daß das Fluggewicht 4001 kg betrug. Der durchschnittliche Brennstoffverbrauch belief sich auf 35,6 kg/h, das Verdichtungsverhältnis des Motors während des Fluges auf 1 : 7. Bei der Landung stellte man fest, daß in den Behältern noch 57 kg Benzol und 58 kg Öl waren. Der geringe Ölverbrauch von nur 17 kg in mehr als 65 h ist sehr bemerkenswert. Mit der gesparten Benzolmenge hätte das Flugzeug noch 1½ bis 2 h in der Luft bleiben können. Bei der Bewertung des Fluges muß man noch berücksichtigen, daß das Wetter während des Fluges sehr böig war. Bei ruhigem Reiseflug — die Italiener hatten bei der Durchführung ihres Dauerfluges dieses Wetter — hätte das Flugzeug noch mindestens 5 h länger in der Luft bleiben können. [N 1812] Gw.

Bergbau

Absetzgeräte für Haldenanschüttung

Mit dem Drängen nach Verbilligung der Abraumbeseitigung durch Leistungserhöhung, um auch Kohlenvorkommen, die infolge höherer Deckgebirge bisher nicht ausgebeutet werden konnten, noch wirtschaftlich abbauen zu können, mußte die Entwicklung der Absetzgeräte durch Erhöhung der Absetzleistung und Vergrößerung der Förderweite Schritt halten.

a zwei sechsachsige Drehgestelle zum Stützen auf Leiterseite
b Fahrwerk auf der Ballastseite, fünfachsiger Zweischienenwagen
c Pendelstütze
d um 40° nach zwei Seiten verschwenkbare Kranbrücke
e Königszapfen

l h [RZ 1197 Z 2]

Die Erhöhung der Leistung führte zum Ersatz der bei Eimerkette. Der Grabwiderstand des mit Stahlmessern ausgerüsteten und überall frei schneidenden Eimers ist um ein Vielfaches geringer als der einer durch die lose Masse gezogenen flachen Schaufel.

Während die ersten Maschinen einen Sammelantrieb hatten, ging man in der Folgezeit, angespornt durch die zum Betrieb überall zur Verfügung stehende elektrische Energie, zum Einzelantrieb über.

Hand in Hand mit der Leistungserhöhung vergrößerte sich auch die Absetzweite. Bis zu 23 m Ausladung, gemessen von Mitte des vorderen Drehgestells bis zur Abwurfstelle, gelangte man durch Verlängern der Eimerleiter.

Die Forderung nach noch größerer Förderweite führte zwangläufig zu einer weiteren Unterteilung. Man schuf ein leistungsfähiges, dem rauhen Betrieb und auch schwerstem tonhaltigem Boden sich anpassendes Aufnahmegerät, das auch in der Lage sein muß, die Einebnungsarbeit durchzuführen, und ein möglichst leichtes Fördergerät, dessen Beanspruchungen besser zu ermitteln waren.

Große Leistungsfähigkeit und leichte Auswechselbarkeit der dem Verschleiß unterworfenen Maschinenteile machten die Eimerkette zum gegebenen Aufnahmemittel. Sie dient beim Bagger seit langen Jahren dem gleichen Zweck. Als Fördergerät kam der Gurtförderer in Frage. Sein geringes Eigengewicht, verbunden mit großer Geschwindigkeit der zu befördernden Nutzlast ergeben ein geringes Gesamtgewicht und lassen Absetzweiten bis über 55 m und noch mehr erreichen.

Die günstigen Erfahrungen mit dem ersten, 1926 erbauten Absetzapparat mit Eimerleiter und vorgeschaltetem Förderband führten zum Bau größerer Einheiten. Hierbei wurden folgende Grundsätze beachtet. Beschreibt die Abwurftrommel des Gurtförderers durch Schwenken des Brückenträgers um das vordere Absetzergleis einen Kreisbogen, so besteht die Möglichkeit, nicht nur einen Vordamm zu schütten, sondern durch allmähliches Schwenken mehrere hintereinander liegende sattelförmige Dämme zu bilden. Der folgende Damm baut sich auf dem vorher geschütte-

Abb. 1
Vereinigter Eimer- und Bandabsetzer der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft mit 41 m Absetzweite und beiderseits um 40° schwenkbarem Oberbau in Mittelstellung, sowie 720 m³/h theoretischer Absetzleistung.

Abb. 2. Längsschnitt durch den Absetzer, Abb. 1.

f zwei dreiachsige Laufwagen
g Eimerleiter
h Aufgabegurt
i Ballastwagen
k Führerstand
l Hauptabwurfband

ten auf und stampft ihn dabei nochmals ein. Die Schüttung garantiert eine weitgehende Befestigung der Kippe. Weiterhin kann die Kippstrosse auf diese Weise an ihren Enden ohne Leistungsausfall verlängert werden. So kann man bei 50 m Absetzweite und 40° Schwenkwinkel rd. 30 m über das Stoßende hinaus anschütten.

Zur Erhöhung der Lebensdauer des Gummigurtes der Bandstraße und zur Erzielung der gleichmäßigen Beschickung des Gurtförderers erwies sich die Zwischenschaltung eines kurzen, etwa mit nur halber Geschwindigkeit laufenden und leicht auswechselbaren Aufgabebandes unter der Überwurfstelle der Eimerleiter als sehr vorteilhaft.

Der Apparat, Abb. 1, hat bei 41 m Ausladung 280 t Dienstgewicht und stützt sich auf 34 Laufräder, die durch Dreipunktlagerung statisch bestimmt sind, so daß sich kein Rad von den Schienen abhebt. Als größten Raddruck kann man bei solchen Fahrwerken ohne Bedenken 10 t zugrunde legen, weil auch bei schlechter Gleislage jedes von den Rädern 1/n der Gesamtbelastung erhält. Der durch das Gleisbett auf die Kippe übertragene Bodendruck überschreitet 2,3 kg/cm² in keinem Falle.

Auf der Leiterseite befinden sich zwei sechsachsige Drehgestelle *a* mit 900 mm Spur und eingebautem Antrieb, Abb. 2. Die ersten Zahnradvorgelege sind in öldichten Gußkasten gekapselt, die Hälfte der Achsen ist angetrieben. Das mitgeschleppte, nicht angetriebene ballastseitige Fahrwerk *b* ist ein fünfachsiger Zweischienenwagen für 900 mm Spur, auf dem das Portal mittels einer Pendelstütze *c* ruht.

Die beiderseits um 40° aus der Mittellage verschwenkbare Kranbrücke *d* stützt sich auf Leiterseite auf einen auf dem Portal sitzenden Königzapfen *e*, auf der Ballastseite auf zwei dreiachsige Laufwagen *f*. Auch hier hat man die statisch bestimmte Dreipunktlagerung durchgeführt.

Beim Ausschwenken der Brücke muß die Eimerleiter *g* um rd. 1,5 m nach der Haldenseite vorgezogen werden: Die Aufnahmemulde wird durch das Fahrgleis der Abraumzüge festgelegt, die Eimerleiter wird beim Schwenken hingegen radial geführt. Darum muß auch der eingebaute Aufgabegurt *h* mit 5,7 m Trommelabstand auf einer in der Brücke eingebauten Schiene gleichfalls verfahrbar sein. Eine durch das Wandern der Schwerpunkte von Eimerleiter und Aufgabegurt hervorgerufene Verschiebung des Gesamtschwerpunktes des Apparates wird durch selbsttätiges Zurückgehen des Ballastwagens *i* verhindert.

Der doppelseitig ausgeführte Führerstand *k* ist zur Verbesserung der Sichtverhältnisse über dem Fahrgleis beiderseits an der Brücke angehängt. Der Baggermeister kann immer die Aufnahmemulde beobachten, so daß das Absetzen auch während der Durchfahrt der Züge nicht unterbrochen zu werden braucht.

Der Apparat leistete im Probedauerbetrieb 700 m³/h losen, geschütteten Boden. Die bisherige Höchstleistung betrug 50 Züge zu 12 Wagen mit je 16 m³ Inhalt in 12stündiger Schicht, also $50 \times 12 \times 16 = 9600$ m³.

Das Material wird aus den Abraumwagen in die Aufnahmemulde gekippt und dann von der Eimerleiter *g* aufgenommen. Am vorderen Turas entleeren die Eimer auf das Aufgabeband *h*, das seinerseits das Fördergut, ganz gleichmäßig verteilt, dem Hauptband *k* übergibt. Durch die dem Material seitens des Bandes erteilte wagerechte Geschwindigkeit schießt es beim freien Falle rd. 3 m über die Abwurftrommel hinaus, so daß der Abraum 44 m von der Mitte des vorderen Drehgestells nach vorne befördert wird.

Der Apparat hat nur Einzelantriebe und braucht zwei Fahrmotoren, vier Windenmotoren, einen Eimerleiter- und zwei Bandmotoren. Die elektrische Schützensteuerung wird vom Führerstand aus betätigt. Dort befinden sich in einem Schaltschrank die Fahrschalter der zehn Einzelantriebe.

Die bisher größte Ausladung und Leistung hat ein kürzlich in Betrieb genommener, von der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft gelieferter Absetzer für wahlweise Tief- und Hochschüttung sowie 50 m Absetzweite und 900 m³ theoretische Stundenleistung; die Brücke wird auf einer von dem fahrbaren Portal getragenen Walzendrehscheibe von 6 m Dmr. um 360° geschwenkt, Abb. 3. [M 1197]

Lübeck Dipl.-Ing. L. Rasper

Abb. 3
Vereinigter Eimer- und Bandabsetzer der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft mit 50 m Absetzweite, 900 m³/h theoretischer Leistung für Tief- und Hochschüttung nach Wahl und 360° Schwenkbarkeit.

Kleine Mitteilungen

Das Gould Street-Kraftwerk

In Ergänzung unseres Berichtes über das Gould Street-Kraftwerk[1]) teilt uns die Consolidated Gas Electric Power Co., Baltimore, noch mit, daß die Turbine zwar bei 25 000 kW mit dem besten Wirkungsgrad arbeitet, aber eine Nennleistung von 36 000 kW hat. Durch Betriebsversuche wurde festgestellt, daß die Höchstleistung bei Ausschaltung der vier Anzapfstufen 46 000 kW beträgt. Inzwischen ist eine zweite Turbine gleicher Bauart für 36 000 kW Nennleistung vor kurzem in Betrieb genommen worden. [N 1813a] Pt.

Amerikanische zweizylindrige 2 E 1-Lokomotiven für 44 000 kg Zugkraft

Seit einigen Monaten hat die Chicago, Burlington & Quincy-Eisenbahngesellschaft zwölf von den Baldwin-Werken gebaute Güterzuglokomotiven in Dienst gestellt, die als Zwillingslokomotiven die außerordentlich hohe Zugkraft von 44 000 kg entwickeln und auf 3 vH Steigung 113 beladene Güterwagen von 8000 t Gesamtgewicht mit 40 km/h Fahrgeschwindigkeit zu befördern imstande sind. Diese Leistung wird gegenwärtig von keiner andern Zweizylinder-Lokomotive übertroffen, die Hauptkonstruktionszahlen der Lokomotive sind ebenso außergewöhnlich. Ihr Gesamtgewicht beträgt 212 t, mit dem sechsachsigen Tender rd. 400 t, das Reibungsgewicht 160 t, demnach der Treibachsdruck 32 t. 778 m² Gesamtheizfläche und 9,2 m² Rostfläche ergeben eine große Kesselleistung, die natürlich mechanische Beschickung erfordert, als solche sind hier Stoker vorgesehen. Der Kesseldruck beträgt 17,5 at.

Der wärmewirtschaftliche Wirkungsgrad der Lokomotive, die mit Überhitzer, Speisewasservorwärmer u. a. ausgestattet ist, erreicht einen hohen Wert, der Betriebswirkungsgrad ist im Hinblick auf die außerordentlichen Zuglasten sehr günstig. Voraussetzung hierzu ist ständige Auslastung ihrer Zugkraft bis aufs äußerste; diese Bedingungen sind in Amerika auch viel eher gegeben als in anderen Ländern.

Vergleichsfahrten mit ihrer Vorgängerin, einer 1 E 1-Lokomotive, ergaben, auf den Zugtonnenkilometer bezogen, 16 vH Kohlen- und 22 vH Wasserersparnis. („Railway Age“ 23. Juni 1928, S. 1425/8*.) [N 1813 e] Ro.

Gleichstromlokomotive für drei Spannungen

Die vollspurige Sacramento-Northern-Bahn beschaffte kürzlich zwei elektrische B + B-Lokomotiven von 68 t Dienstgewicht, die aus Oberleitungen mit 1500 oder 1200 V Spannung sowie mit 600 V aus einer dritten Schiene gespeist werden können. Die vier Motoren können in drei Arten geschaltet werden: alle vier hintereinander, je zwei parallel und in Reihe oder alle vier parallel. Die Umschaltung von einer Spannung auf eine andre erfolgt auf einer kurzen stromlosen Strecke, die die Lokomotive ohne Antrieb durchlaufen muß, und zwar selbsttätig. Die Lokomotive wurde von den Baldwin Co. und der Westinghouse Co. geliefert. („Railway and Lokomotive Engineering“ Bd. 41 (1928) S. 86.) [N 1751] M.

Entlüftung des Moffat-Tunnels

Für den Moffat-Tunnel der Denver & Salt Lake Railway, Ver. St. A., der 9,6 km lang ist und von Dampflokomotiven befahren wird, ist am östlichen Eingang in einem portalähnlichen Bau aus Beton eine Entlüftungsanlage eingebaut, die den Tunnel entgegengesetzt der Richtung des jeweils durchfahrenden Zuges entlüftet. Jeder Flügel des Portals enthält einen Lüfter von 2,7 m Dmr. und 1,8 m Breite. Mit Rücksicht auf spätere vergleichende Messungen hat man zwei verschiedene Bauarten gewählt; der eine Lüfter wird von einem 750 PS-Motor, der andre von einem solchen von 500 PS angetrieben. Die Leistung eines Lüfters beträgt 12 800 oder 9900 m³/min, entsprechend 22,4 und 16 km/h Luftgeschwindigkeit im Tunnel. Es ist stets nur ein Lüfter in Betrieb.

Die Mittel des Portals am Osteingang enthält einen Raum für das aufziehbare Tor, das während der Entlüftung verschlossen ist, sich aber bei Annäherung eines Zuges selbsttätig öffnet. Die Lüfter sind durch Luftkanäle mit dem Tunnel verbunden; diese münden in etwa 42,5 m Entfernung vom Eingang in den Tunnel. Eine weitere Verbindungsstelle befindet sich in unmittelbarer Nähe jedes Lüfters. Die Verbindungsstellen lassen sich je durch eine elektrisch betätigte Klappe von 4,9 × 7,3 m² Grundfläche in rd. 30 s absperren, so daß der Lüfter entweder frische Luft von dem einen Eingang her und damit den Rauch im Tunnel ansaugt und durch einen Schlot ins Freie befördert, oder aber frische Luft durch einen andern Schlot ansaugt und mit ihr den Rauch durch den Tunnel zu demselben Eingang hinausdrückt.

Der naheliegende Gedanke, den Rauch senkrecht nach oben abziehen zu lassen, wurde deshalb aufgegeben, weil man entweder die Geschwindigkeit des fahrenden Zuges von 30 auf 16 km/h hätte herabsetzen oder die Geschwindigkeit des Luftstromes auf 32 km/h hätte steigern müssen. das erste war aus verkehrstechnischen Gründen unerwünscht, das zweite würde eine äußerst unwirtschaftliche Steigerung des Kraftbedarfes auf 4000 PS bedingt haben. („Engineering News-Record“ 28. Juni 1928, S. 994.) [N 1813 d] Sd.

[1]) Z. Bd. 72 (1928) Heft 22 S. 754.

Dampfkraftanlage für eine Zuckerraffinerie

Die Savannah Sugar Refining Corp., Savannah, Ver. St. A., bezog einen großen Teil ihres Kraftbedarfs von einem Elektrizitätswerk. Durch Aufstellung einer Gegendruckturbine wurde die Wirtschaftlichkeit des Betriebes bedeutend erhöht, da der Abdampf in der zuckerverarbeitenden Industrie gute Verwendungsmöglichkeiten findet und z. B. eine Zuckerraffinerie, die rd. 900 t Sirup täglich verarbeitet, 1000 kg Abdampf für 1 t Sirup zum Verdampfen und Verheizen verbraucht. Die Turbodynamo leistet 1250 kW bei 80 vH Leistungsfaktor und liefert Drehstrom von 550 V und 60 Per/s. In der mit 3600 U/min umlaufenden Curtiss-Turbine expandiert der Dampf von 15,7 auf 0,7 at. Erweiterungsmöglichkeiten sind vorhanden. Die Kesselanlage besteht aus zwei Wasserrohrkesseln mit zusammen 890 m² Heizfläche. In der alten Anlage beförderten Kolbendampfpumpen das Kondensat der Vakuumpfannen und Verdampfer in den Kessel; die Neuanlage hat hierfür Kreiselpumpen mit Motorantrieb erhalten. Das Kondensat der Pfannen wird in einem Speicher von 22 500 l Fassungsvermögen, das der Verdampfer in einem offenen Vorwärmer gesammelt, bevor es in den Kessel kommt. In dem Vorwärmer wird das Speisewasser von dem Abdampf, dessen Druck auf 0,5 bis 0,7 at gehalten wird, bis zu 112° vorgewärmt. Das in dem Speicher angesammelte Kondensat dient gleichfalls zur Vorwärmung des Speisewassers. Sämtliche Kessel haben Ölfeuerung. Auf eine Überhitzung des Dampfes wurde verzichtet. Die Anlage wurde im Januar 1927 in Betrieb genommen und hat sich bis jetzt gut bewährt. („Power“ 19. Juni 1928 S. 1090/1193*.) [N 1813 c] Le.

Drehbare Dampfkesselfeuerung, Bauart Atkinson

Der geringe Wirkungsgrad der Flammrohrkessel bei Verwendung minderwertiger Brennstoffe auf Zechen hat Veranlassung zur Konstruktion einer Drehrohrfeuerung gegeben, wobei an Mehrflammrohrkesseln jedes Flammrohr eine Drehrohrfeuerung erhält. Die Feuerung selbst besteht aus einem Stahlblechmantel, der rings um den Innenumfang mit gußeisernen Rosten ausgelegt ist. Die Feuerung ist vom Kessel gegen die Vorderseite der Feuerung zu leicht geneigt angeordnet. Die Vorderseiten der Kesselzüge sind auf rd. 457 mm Länge mit feuerfesten Steinen ausgemauert, und in diese Ausmauerung ist die Feuerbrücke eingemauert, die bewirkt, daß der Brennstoff, der vom Fülltrichter kommt, nicht in den Kessel gelangt, sondern in den Feuerungsraum geleitet wird. Der Brennstoff fällt von hochliegenden Behältern durch geneigte Röhren in die Zuführschnecken, die an Ausdehnungsteilen angebracht sind und die den Brennstoff über die oben erwähnte Feuerbrücke der Feuerung zuführen. Rund um den Mantel jeder Feuerung liegen zwei Luftzüge, die die Verbrennungsluft durch ein von einem Motor angetriebenes Gebläse erhalten. Die Verbrennungsluft wird vorgewärmt und unterhalb des Brennstoffbettes zugeführt. Die Feuerung macht in drei Minuten eine Umdrehung, der Antrieb erfolgt mittels Schnecke und Schneckenrad. Der Kraftverbrauch für Antrieb der Feuerungen, der Zuführschnecken und des Lüfters beträgt bei einem Zweiflammrohrkessel 4,25 bis 4,5 PS.

Die fortwährende Bewegung des Brennstoffes ergibt eine gleichmäßige Dichte des Brennstoffes, so daß selbst bei Verfeuerung von englischer Feinkohle mit etwa 2773 kcal/kg noch ein reiner Kesselwirkungsgrad von 70,1 vH erreicht wurde, der bei Vorhandensein von Vorwärmer und Überhitzer etwa 80 vH betragen hätte. Der CO_2-Gehalt betrug bis zu 17 vH. Da die Feuerungen ausfahrbar sind, so können sie zu Instandsetzungsarbeiten leicht entfernt werden. (Iron and Coal Trades Review Bd. 67 1928, S. 4*.) [N 1813 b] Ste.

Berichtigung

Entwicklung der schnellaufenden Verbrennungsmotoren

In Z. Nr. 26 vom 30. Juni 1928 muß es auf S. 932, r. Spalte, 31. Zeile v. unten richtig heißen: . . . bis zu mittleren Kolbengeschwindigkeiten von 1220 m/min gesteigert werden. [N 1810]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

ärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen 6. Bd.: Energiespeicherung. Von W. Pauer. Dresden und Leipzig 1928, Theodor Steinkopff. 179 S. m. 57 Abb. Preis 13,50 *RM*.

Das Buch enthält eine zusammenfassende Besprechung ler bekannten Arten der Energiespeicherung, darunter ıch Schwungradspeicher unter Berücksichtigung der Ilgner-haltung und der Leonard-Schaltung, Wasserkraftspeicher ıd elektrochemische Speicher (Akkumulatoren). Da heut-ıtage aber insbesondere die Warmwasser- und Dampf-peicherung Beachtung verlangt, ist folgerichtig der Haupt-il des Buches diesen Speichern gewidmet. Sämtliche Arten erden in kurzen knappen Darstellungen nach Abmessungen ıd Anwendungsgebieten besprochen und durchgerechnet, ıd ihr Verhalten wird für den praktischen Betrieb gemein-ßlich dargestellt.

Die Wärmespeicher in Dampfkraftanlagen werden be-andelt zunächst als Gleichdruckspeicher, unter nen auch die teleskopartig nach Muster der Gasbehälter ebauten Glockenspeicher kurz gestreift werden, weiter die r größere Leistungen geeigneten Gefällespeicher Rateau- und Ruths-Speicher). Die zusammenfassende Be-achtung der verschiedenen Speichersysteme ist an Kürze ıd Klarheit der Darstellung als vorbildlich anzusprechen ıd gipfelt etwa in folgenden Sätzen: Können die Energie-pitzen mit Gleichdruckspeichern gedeckt werden, so ist ese Speicherart wohl vorzuziehen, dann dürfen aber die pitzen nicht 15 bis 25 vH überschreiten. Bei höheren pitzen kommt nur der Gefällespeicher in Frage; er bietet n Vorteil der größeren Elastizität auch in den Grenz-llen, in denen der genaue Verlauf der Spitze nicht ge-au festliegt. Ihre große Entwicklung verdanken die Ge-llespeicher besonders dem Umstand, daß die selbsttätige egelung sehr betriebsicher durchgebildet ist, so daß der esselbetrieb der Kraftwerke während der Spitzenleistung ach Einführung von Speichern vollständig die ihm früher nhaftenden Unbequemlichkeiten und Beängstigungen ver-ren hat.

Der Verzicht auf weitläufige Beschreibungen und bild-che Ausschmückung sowie die knappe Ausdrucksweise achen es zu einer Freude, das Buch durchzulesen; es ird jedem, der sich über diese Fragen schnell sowohl neoretisch wie praktisch unterrichten will, ein willkom-enes Nachschlagewerk sein.

[E 1662] W. Mattersdorf

ber wärmetechnische Vorgänge der Kohlenstaubfeuerung. Von Fritz Hinz. Berlin 1928, Julius Springer. 76 S. mit 28 Abb. Preis 7,50 *RM*.

Nachdem die Kohlenstaubfeuerung in den letzten Jah-n auch in Deutschland große Verbreitung gefunden hat, t es zu begrüßen, daß nunmehr auch in dem vorliegenden ıche versucht wird, die wichtigsten Probleme der Kohlen-aubfeuerung wissenschaftlich zu durchdringen. Besonders ertvoll ist die wirksame Ergänzung aller theoretischen trachtungen über die Vorgänge bei der Verbrennung ırch eingehende praktische Versuche. Der Verfasser hat ı Auftrage der „Studiengesellschaft für Kohlenstaubfeue-ng auf Lokomotiven", der mehrere deutsche Lokomotiv-briken angehören, jahrelange Untersuchungen durchgeführt, ren Ergebnis eine zur Zeit im Bau befindliche Kohlenstaub-komotive ist. Die theoretischen Ausführungen gründen h also auf Erkenntnisse, die im Laboratorium und später f dem praktischen Prüfstand gewonnen wurden.

Der erste Teil des Buches beschäftigt sich mit den all-meinen Problemen der Staubfeuerung. Eingehend werden r Verbrennungsvorgang, Größe und Belastung der Feue-ng, Kohlenstaubgehalt und Heizwert des Staub-Luft-misches untersucht. Die zahlreichen Versuchsergebnisse, a. über die Dauer des Verbrennungsvorganges (Zündzeit ıd Brennzeit) in Abhängigkeit von Korngröße und Tem-ratur sind sehr wichtig für die gesamte Feuerungstechnik.

Der zweite Teil behandelt den Sonderfall der Staub-erung für Lokomotiven, und zwar die bauliche Ausbil-ng, die rechnerischen Grundlagen, die Energieumsetzung ıf die Höchstbelastung der Feuerbüchse. Im Anhang wer-dı Versuche zur Bestimmung der Kohlenfeinheit be-rieben und ihre Ergebnisse mitgeteilt. [E 1675] Pt.

rlesungen über Elektrizität. Von A. Eichenwald. Berlin 1928, Julius Springer. 664 S. m. 640 Abb. Preis 7,50 *RM*.

Die erste deutsche Ausgabe des Buches, die jetzt vor-lirt, ist eigentlich die 6. Auflage; denn ihr sind schon fünf ıflagen in russischer Sprache vorangegangen. Der Inhalt behandelt das elektromagnetische Feld, die Elektronen, die Wechselströme, elektrischen Schwingungen und Wellen, und schließlich die Maxwellsche Theorie. Der Verfasser hat dabei die Aufzeichnungen seiner Vorlesungen benutzt und setzt dementsprechend bei seinen Lesern ungefähr das Verständnis voraus, das man von einem Studierenden erwarten kann; er geht, einer Vorlesung entsprechend, von den elementaren Versuchen allmählich über zu den schwierigeren Fragen. [E 1666] Pa.

Handbuch der Radiologie. Herausgeg. von Erich Marx. 4. Bd. 3. T.: **Glühelektroden und Flammenleitung.** 2. Aufl. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft. 724 S. m. 190 Abb. Preis 50 *RM*.

Der vorliegende Band enthält die Darstellung der physikalischen Gesetze und Vorgänge der Glühelektroden aus der Feder des großen Meisters der Glühelektroden, O. W. Richardson, übersetzt und bearbeitet von Karolus, dem bekannten Erfinder des zur Zeit vollkommensten Systems der Fernphotographie. Ein die neuesten Ergebnisse berücksichtigender Nachtrag von Rupp nebst einer besonderen Darstellung der technischen Anwendungen der Glühelektroden von demselben Verfasser vervollständigen die überaus wertvolle Schilderung eines Forschungszweiges, der von so großer und mannigfaltiger Bedeutung für die reine sowie für die technische Physik geworden ist. Insbesondere erhält damit auch der an der Funktechnik Anteilnehmende eine leichtverständliche wissenschaftliche Darstellung alles dessen, was sich in den heutigen Verstärker- und Senderöhren abspielt. Die Flammenleitung in der Darstellung von Marx ist gegenüber der ersten Auflage wesentlich durch die neuere Entwicklung dieses Gebietes vervollständigt worden. Die Abschnitte über die Theorie der Flammen sind wesentlich überarbeitet oder ganz neu und führen den Leser zu den letzten, besonders in ihren astrophysikalischen Folgerungen wichtig gewordenen Schlüssen. So ist hier ein bei aller Ausführlichkeit nicht zu umfangreiches Werk entstanden, das sich dem großen Ganzen, dem Handbuch der Radiologie, würdig einfügt und sicher viele Freunde finden wird.

[E 1536] E. Gehrcke

Internationale Radiotechnik. 1. Bd. 1. H. Berlin-Wilmersdorf 1928, Verlag Anode. Bezugspreis (6 Nrn.) 9 *RM*, Einzelheft 1,50 *RM*.

Die Zeitschrift will über neue Rundfunkgeräte und -schaltungen berichten, die im Ausland entstanden sind. Sie will dadurch auch denen das Studium der wichtigsten Neuerungen ermöglichen, denen die ausländische Literatur nicht zugänglich ist. Aus diesem Grunde mag man die neue Zeitschrift begrüßen trotz des Übermaßes an Neuerscheinungen im technischen Schrifttum.

Das vorliegende Heft behandelt u. a. den französischen Strobodynempfänger (8 Röhren mit Vorröhre) und die englische Loftin-White-Schaltung mit gleichbleibender Rückkopplung, außerdem enthält es mehrere kurze Berichte sowie Inhaltsangaben der wichtigsten Zeitschriften der Rundfunktechnik. Die Beschreibungen der Geräte und Schaltungen sind erfreulich knapp ohne Beiwerk und legen das Schwergewicht auf übersichtliche Skizzen und Schaltbilder.

[E 1667] Pa.

Technologie der Brecher, Mühlen und Siebvorrichtungen. Von E. C. Blanc. Deutsche Bearbeitung von Hermann Eckardt. Berlin 1928, Julius Springer. 457 S. m. 196 Abb. Preis 34 *RM*.

Die der Hartzerkleinerung dienenden, im Titel genannten Vorrichtungen werden in diesem, im französischen Original bereits vor 6 Jahren entstandenen Buch, in breit ausladender Weise und nach dem damaligen Stand der Technik behandelt. Die Beschreibungen und Erläuterungen zeugen von vielseitigen, praktischen Erfahrungen des Verfassers. Dagegen sind die Kapitel Fördervorrichtungen im Außen- und Innendienst, Entstaubung, Lagerung und Verpackung, sehr kurz gefaßt und lediglich zu einer oberflächlichen Orientierung geeignet. Das Bildmaterial besteht etwa zur Hälfte aus Schnitten, zur Hälfte aus Katalogbildern, die in einem wissenschaftlichen Werk unter keinen Umständen am Platze sind.

Das Buch bietet dem deutschen Fachmann schon deshalb nichts Neues, weil seine vom Verfasser mehrfach betonte Tendenz dahin geht, der französischen Maschinenindustrie durch Vorführung deutscher, amerikanischer und englischer Konstruktionen nachahmenswerte Muster vorzuhalten und sie zu verstärktem Wettbewerb anzuspornen.

Trotzdem dürfen ihm nützliche Anregungen nicht abgesprochen werden. Um so mehr ist alsdann die Mangelhaftigkeit der Übersetzung zu bedauern, die von Gallizismen und Inversionen wimmelt.

Die Ausstattung des Buches ist hinsichtlich der Abbildungen durchaus unzulänglich. Angesichts des hohen Buchpreises ist der Käufer doch wohl berechtigt, Besseres zu verlangen. Im übrigen dürfte die Frage, ob eine Notwendigkeit vorlag, in der deutschen Fachliteratur mit diesem Werk eine Lücke auszufüllen, verneint werden können.

[E 1663] Dr. Otto Pollert

Fünfzig Jahre Berliner Stadtentwässerung 1878 bis 1928. Herausgeg. von Hermann Hahn und Fritz Langbein. Berlin 1928, Alfred Metzner. 584 S. m. zahlr. Abb. Preis 40 RM.

Die Verfasser beanspruchen im Vorwort des Werkes für die Stadtentwässerung mit Recht dieselbe Aufmerksamkeit der technischen und der allgemeinen Öffentlichkeit, die man ohne weiteres dem städtischen Verkehrswesen, der Kraftversorgung u. ä. widmet. Diese Beachtung darf die Berliner Stadtentwässerung sowohl ihres Umfanges wegen beanspruchen wie auch des Umstandes wegen, daß sie zwar nicht die erste, aber eine der ersten Deutschlands gewesen ist. Bis vor etwa einem Jahrzehnt war die Form der Berliner Stadtentwässerung durchaus einheitlich (z. B. durchweg Mischsystem, also gemeinsame Abführung von Brauch- und Regenwasser). Seit der Einverleibung der ehemaligen Vororte weist sie Ausführungen verschiedenster Art auf. Das umfangreiche Buch gibt daher einen Überblick über mannigfache Bauweisen von Kanalnetzen mit Einzelbauwerken für Pump- und Kläranlagen sowie Rieselfelder und alles, was dazu gehört. Von ähnlich umfassender Darstellung dürfte es kaum eines geben, zumal als Verfasser fast alle höheren Beamten der Berliner Stadtentwässerung in Einzelbeiträgen zu Worte kommen. Recht begrüßenswert ist es, daß im Anfang Lebensbeschreibungen der Männer gebracht sind, die an der Stadtentwässerung Berlins und ihrer Vororte hervorragenden Anteil haben.

[E 1456] Baer

Verzeichnis berechneter Funktionentafeln. 1. T. Herausgeg. vom Institut für angewandte Mathematik an der Universität Berlin. Berlin 1928, VDI-Verlag. 28 S. Preis 3,50 RM.

Dem Bestreben des wissenschaftlichen Beirates des Vereines deutscher Ingenieure, in solchen Fällen fördernd einzugreifen, wo es sich um die Unterstützung von Arbeiten handelt, die für die Ingenieurwissenschaft von Bedeutung sind, ist die Anregung zu diesem im Institut für angewandte Mathematik der Universität Berlin (Leiter: Prof. Dr. v. Mises) von Dr. Maklin und Dr. E. Rothe bearbeiteten Verzeichnis zu danken. Es hat den Zweck, zunächst eine Übersicht über vorhandene, zum Teil sehr verstreute Funktionentafeln zu geben, damit sodann entschieden werden kann, in welchen Fällen eine Ergänzung durch Berechnung neuer Tafeln am Platz ist. Bisher hatte die angewandte Mathematik außer den Logarithmentafeln, Tafeln für trigonometrische und Hyperbelfunktionen, in Deutschland als Sammelwerk eigentlich nur das Werk von Jahnke und Emde zur Verfügung, das natürlich nicht vollständig sein kann, zumal es seit 1909 nicht neu bearbeitet worden ist.

Das vorliegende Verzeichnis wird allen willkommen sein, die mit der angewandten Mathematik in weitergehendem Maße zu tun haben. Es enthält nach einer kurzen Erläuterung der Besselschen Zylinderfunktionen, die auf eine geradlinige Achse bezogen sind, der Kugelfunktionen, die für die Lösung vieler Aufgaben auf den Gebieten der Wärmelehre, des Magnetismus, der Hydrodynamik und der Schwerkraft wichtig sind, und der elliptischen Funktionen Angaben über die gewählten Bezeichnungen und anschließend hieran kurze Kennzeichnungen der vorliegenden Tafeln mit Quellenangaben. [E 1707] W. Schmidt

Kraftstoffe, Verbrennung und Schweröl-Vergasermotoren. Von A. E. Thiemann. Berlin 1928, Rich. Carl Schmidt & Co. 182 S. m. 119 Abb. Preis 15,50 RM.

Die Biegung kreissymmetrischer Platten von veränderlicher Dicke. Von Otto Pichler. Berlin 1928, Julius Springer. 60 S. m. 6 Abb. Preis 4,50 RM.

Probleme des Bauens. In Zusammenarbeit mit dem Studienausschuß des Bundes Deutscher Architekten für zeitgemäßes Bauen herausgeg. von Fritz Block. Potsdam 1928, Müller & Kiepenheuer. 215 S. m. 290 Abb. Preis 14 RM.

Sammlung Göschen, 990. Bd.: **Der Grundbau.** 1. T.: Der Baugrund und die Baugrube. Von Joach. Schultze. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 140 S. m. 58 Abb. Preis 1,50 RM.

Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. Von Julius v. Wiesner. Herausgeg. von Paul Krais und Wilhelm von Brehmer. 4. Aufl. 2. Bd.: Hölzer bis Zucker. Leipzig 1928, Wilh. Engelmann. S. 1123 bis 2253 m. 217 Abb. Preis 49 RM.

Die Fabrikation der Kopal-, Terpentinöl- und Spirituslacke. Von Louis Edgar Andés. 4. Aufl. Herausgeg. von Erich Stock. Wien und Leipzig 1928, A. Hartleben. 428 S. m. 114 Abb. Preis 10 RM.

Bergwirtschaftliche Arbeitsgemeinschaft. Von Max Krahmann. Berlin-Grunewald 1928, Kurt Vowinckel. 184 S. Preis 10 RM.

Ausführliches Handbuch der Photographie, 2. Bd., 4. T.: **Die theoretischen und praktischen Grundlagen der Autotypie.** Von Josef Maria Eder und Alfred Hay. 3. Aufl. Halle a. d. S. 1928, Wilhelm Knapp. 93 S. m. 92 Abb. Preis 7,80 RM.

Veröffentlichungen des Forschungs-Institutes der Rhön-Rossitten-Gesellschaft e. V. Nr. 1: Jahrbuch 1926/27. Herausgeg. von Walter Georgii. München und Berlin 1928, R. Oldenburg. 31 S. m. 46 Abb. Preis 4 RM.

Schriften des Bayer. Landesvereins zur Förderung des Wohnungswesens (E. V.), 24. H.: **Wohnungsnot und Wohnungsbau in kleinen Gemeinden.** Vortrag von Karl Durst. München 1928, Ernst Reinhardt. 52 S. m. 26 Abb. Preis 1,20 RM.

Aufsatzverzeichnis der Zeitschrift Braunkohle für die ersten 25 Jahrgänge 1902/03 bis 1926/27. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 75 S. Preis 8,60 RM.

100 Jahre Union-Gießerei Königsberg (Pr.) 1828 bis 1928. Königsberg i. Pr. 1928, Gräfe & Unzer. 100 S. m. Abb. Preis 4 RM.

Nauticus 1928. Jahrbuch für Seeinteressen und Weltwirtschaft. 19. Jg. Herausgeg. von Scheibe. Berlin 1928, E. S. Mittler & Sohn 327 S. m. Abb. Preis 16 RM.

„Hütte". Des Ingenieurs Taschenbuch. 25. Aufl. **Gesamtsachverzeichnis** der Bände I bis IV. Berlin 1928, Wilh. Ernst & Sohn. 158 S. Preis geh. 2,50, i. Led. 6 RM. Für Bezieher von „Hütte" 25. Aufl. IV. Bd. gegen Gutschein kostenlos.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

3d. 72 SONNABEND, 28. JULI 1928 Nr. 30

Das Benson-Verfahren zur Erzeugung höchstgespannten Dampfes

Vorgetragen im Berliner Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure am 2. Mai 1928

Von H. Gleichmann, Berlin

Der Aufbau der bisher praktisch erprobten Kessel und die auf Grund der Erfahrung beabsichtigte Weiterentwicklung. — Mitteilungen über Betriebserfahrungen. — Wichtige Gesichtspunkte für den Entwurf von Kraftanlagen mit Benson-Dampferzeugern.

Die Gedanken, die dem Benson-Verfahren zugrunde liegen, dürften als allgemein bekannt vorausgesetzt werden[1]). Die Dampferzeugung im kritichen Zustand stellt einen Übergang des Wassers in)ampf bei gleichem Volumen dar, wobei die Verdamp-ıngswärme gleich null wird, also in keinem Teil der beeizten Rohre ein Wasser-Dampf-Gemisch auftritt. Bau-:ch bedeutet diese Art der Dampferzeugung den Wegall der Hochdrucktrommel und der Rücklaufrohre, die en Wasserumlauf sichern sollen. Solange demnach der)ampf in einem fortlaufenden Rohrstrang erzeugt wird, st der Vorgang denkbar einfach, da man nur so viel Värme zuzuführen hat, als zur jeweiligen Dampferzeuung notwendig ist.

Entwicklung und Anordnung der Bauteile

In den bisher verwendeten Rohren von 20 mm l. W. ann man auf diese Weise stündlich 3 bis 4 t verdampfen, hne daß die Wassergeschwindigkeit und damit der Pumendruck hohe Werte annimmt. Mit Rücksicht auf das iegen der Rohre würde auch der doppelte Querschnitt och anwendbar sein, d. h. in einem Rohrstrang Dampf ir 2000 kW erzeugt werden können. Je nach der verıngten Leistung muß man mehrere Rohrstränge parallel :halten, und damit erwachsen besondre Aufgaben, die uch die Form des Kessels beeinflussen.

Bei dem ersten Versuchskessel von Benson in England ıgen die Wassererhitzer und die Dampfüberhitzer in inf parallelen Windungen in einem Ringraum im zwei-:n Zug des Kessels, während im Feuerraum keine Heiz-.äche vorhanden war. Bei dieser Anordnung konnten :eine Ungleichmäßigkeiten der Endtemperaturen auf-·eten. Da sehr reines Kondensat gespeist wurde, samıelte sich auch kein Schlamm, der die Strömung durch ie einzelnen Stränge und damit die gleichmäßige Er-·ärmung beeinträchtigen konnte.

Bei dem Versuchskessel im Kraftwerk der Siemenschuckert-Werke[2]) traten zunächst ungleichmäßige Er-·ärmungen auf, weil die Parallelstränge in der Richtung es aufsteigenden Gasstromes angeordnet waren und ngleichmäßige Wärmeverteilung in diesen Strängen auf e Heizfläche entsprechend zurückwirkte. Durch :reuzschaltung der Stränge wurde der Fluß über die ınze Breite des Gasstromes verteilt und dieser Übel-and beseitigt. Für die weiteren Bauten ergab diese Erıhrung die Grundsätze, daß die Rohrstränge annähernd leiche Wege ergeben, damit die Wasserreibung in ihnen ngefähr gleich ist, und daß die Berührungsheizfläche :nkrecht zum Gasstrom durchflossen wird.

Diesen Forderungen entspricht das von Eule entickelte Hängerohr, das zum ersten Male bei dem für die echnische Hochschule Charlottenburg erbauten Kessel, bb. 1 bis 4, zur Ausführung kam. Im ersten Erhitzeril dieses Kessels genügte ein Rohr für 3000 kg/h Verdampfung. Im Flammrohrteil und im Überhitzer wurden zwei Parallelstränge angeordnet. Das Ergebnis dieser Bauart entsprach den Erwartungen; praktisch sind die Temperaturen in den parallelen Strängen bei allen Belastungen gleich. Das häufige Zusammenführen der Parallelstränge in Verteilstücken verbessert ebenfalls den Temperaturausgleich und ist bei diesen Hängegliedern einfach durchführbar. Die Feuerräume dieses mit Öl geheizten Kessels sind nach Art von Flammrohren aus zwei parallelen Rohrsträngen gewickelt, und zwar der besseren Raumausnutzung wegen rechteckig.

Die beiden Feuerräume sind hintereinander geschaltet, so daß auch ungleiches Brennen der Ölbrenner keinen Einfluß auf die Gleichheit der Temperaturen ausüben und man auch nur mit einem Brenner arbeiten kann Nachdem die Gase die Strahlungsheizfläche im Feuerraum und die Berührungsheizfläche in den Hängegliedern beheizt haben, werden sie im Lufterhitzer, der den Brennern zunächst liegt, weiter abgekühlt, so daß nur kurze Luftkanäle erforderlich sind. Das Wasser tritt in den Hängerohren ein, die dem Lufterhitzer zunächst liegen, dann gelangt das Wasser in die Flammrohre, wird in diesen auf den Dampfzustand gebracht und im hinteren Teil der Hängeglieder überhitzt.

Der Schlamm, der in den Parallelsträngen des Versuchskessels ungleichmäßig auftrat und dadurch auch merkliche Temperaturunterschiede hervorrief, kann durch Abschlammventile entfernt werden. Die Temperaturen in jedem der Parallelstränge werden durch Thermoelemente überwacht. Die einfache Temperaturüberwachung erhöht die Betriebsicherheit wesentlich und gestattet, alle Vorgänge im Kessel zu beobachten; nur durch dieses Verfahren war es möglich, richtige Unterlagen für den Entwurf zu gewinnen.

Nachdem sich die Hängerohre gut bewährt hatten, wurden sie für den Entwurf eines Dampferzeugers, Abb. 5 und 6, benutzt, der mit Rohbraunkohle gefeuert werden soll. Hinter dem Feuerraum sind die Hängerohre angeordnet, hinter diesen die Lufterhitzer. Der Kessel wird so sehr einfach. Schadhaft werdende Rohre kann man nach oben herausziehen, wozu man vorteilhaft einen leichten Kran über dem Kessel anordnet. Wasser und Dampf könnten hier im reinen Gegenstrom geschaltet sein, da die Anfangstemperaturen der Braunkohlenfeuerung so niedrig sind, daß die Rohre für die höchste Überhitzung den heißesten Gasen ausgesetzt werden können. Zur Sicherheit und leichten Regelung hat man aber die ersten Rohre noch in den Wasserstrom eingeschaltet.

Dampferzeuger dieser Art für Gasfeuerung gleichen dem in Abb. 1 bis 4, nur wird parallel zum Lufterhitzer ein Gasüberhitzer geschaltet. Auch Kessel für Wanderrost- oder Planrostfeuerung erhalten ähnlichen Aufbau. An die Stelle der Flammrohre tritt ein mit Heizflächen ausgekleideter Feuerraum, über dem hängende oder auch wagerechte Rohrglieder angeordnet werden.

Die Kohlenstaubfeuerung erfordert einen von dem bisher besprochenen abweichenden Aufbau; es gilt hier, den

---

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 633, Bd. 68 (1924) S. 139, Bd. 69 (1925) 169, Bd. 71 (1927) S. 657.

[2]) Abendroth Z. Bd. 71 (1927) S. 657.

Abb. 1 bis 3
Einrichtung zur Untersuchung von Höchst druckdampf. Benson-Kessel im Maschinen baulaboratorium der Technischen Hoch schule Charlottenburg, gebaut nach den Schiffskesseltyp für 3,0 t/h normale un 3,5 t/h höchste Dampflieferung. Kessel druck 230 at abs; Übertragungsheizfläch 59 m², Strahlungsheizfläche insgesam 42 m², von Feuergasen bestrichene Heiz fläche 21 m², proj. Heizfläche 13,37 m² Gesamtheizfläche der Rohre 101 m², Luft vorwärmer-Heizfläche 114 m².

besonderen Vorteil des Benson-Verfahrens, die durch Trommel und Wasserumlauf nicht behinderte Anpassung der Heizfläche an den Feuerraum weitgehend auszunutzen. Bettington hatte richtig erkannt, daß der zylindrische Feuerraum für den Hochleistungskessel mit möglichst großer Strahlungsheizfläche die beste Form ist. Weniger glücklich war seine Ringtrommel, die sich namentlich für höhere Drücke kaum ausführen läßt.

Beim Linke-Hofmann-Kessel[3]) ist man daher wieder zur rechteckigen Form mit gerader Trommel übergegangen, während beim Forßblad-Kessel[4]) die Rohre seitlich von geraden Trommeln oben und unten gebogen sind, so daß sie einen zylindrischen Feuerraum bilden. Der Entwurf des Kessels der A.-G. Brown, Boveri & Cie.[5]) bei dem die Trommel, wie bei dem Löffler-Kessel[6]), nich im Wasserkreislauf liegt, ist ebenfalls auf die zylindrisch Form abgestellt.

Die erste Ausführung eines Benson-Kessels für Koh lenstaubfeuerung ist im Kabelwerk der Siemens Schuckert-Werke in Betrieb, Abb. 7 und 8[7]). Der Grund gedanke, die Temperaturen der Gase von innen nac außen abnehmen zu lassen, hatte dazu geführt, den zylin drischen Feuerraum mit acht Kammern zu umgeben, i denen Überhitzer und Zwischenüberhitzer liegen, und di Verbrennungsluft durch den äußeren Mantel zuzuleiten

[3]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 7 (1926) S. 224, „Die Wärme" Bd. 51 (1928) Heft 4 S. 50.
[4]) „Elektrizitätswirtschaft" Jg. 1926/27 Nr. 440.
[5]) DRP Nr. 432 204.
[6]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1149.
[7]) Siemens-Zeitschrift März 1928, Siemens-Jahrbuch 1927, 6. Tagun des Allgemeinen Verbandes der deutschen Dampfkessel-Überwachungs vereine, Berlin 1928, VDI-Verlag.

Abb. 4
Schematischer Plan der Rohrführung im Benson-Kessel.

a Dampfaustritt
b Sicherheitsventil
c Absperrventil
d Wassereintritt
e Rückschlagventil
f Absperrventil
g Entschlammtopf
h Entschlammtopfleitung
i Absperrventil
k Entschlammventile
l Entschlammleitungen
m Absperrventil
n Entnahmeleitung
o Mischtopf
p Entnahmeleitung
q Absperrventil
r Thermoelemente

Obgleich sich dieser Aufbau wärmetechnisch bewährt hat, hat man doch beim nächsten Entwurf diesen Gedanken nicht mehr streng durchgeführt, weil die achteckige Form infolge der Aufteilung der Erhitzer erhebliche Mehrkosten verursacht und besonders die Bleche viel Paßarbeit bedingen. Der verbrennungstechnisch sehr gute zylindrische Feuerraum wurde beibehalten.

Strebte man zunächst danach, möglichst gleiche Bestrahlung und Länge der Rohre zu erhalten, so haben weitere Versuche gelehrt, daß man durch geeignete Rohrführung auch bei einem viereckigen Feuerraum gleiche Temperaturen der Parallelstränge erzielen kann. Will man jedoch die Wirbelfeuerung beibehalten, die man auch für Einzelbrenner immer mehr anwendet, so hat der zylindrische Feuerraum mit den tangential an einen gedachten konzentrischen Kreis blasenden Nebenluftdüsen den Vorteil, daß sich kein Staub an den Rohren absetzt, wie der praktische Betrieb bewiesen hat.

Die acht Kammern sind in zwei Kammern zusammengezogen, so daß der Kessel außen rechteckig wird. Bei der neuen Bauart wird ferner auf die Zwischenüberhitzung im Kessel verzichtet. Infolgedessen ergibt sich die Möglichkeit, noch Erhitzerheizflächen im zweiten Zug unterzubringen, wodurch der Gegenstrom gewahrt und an Heizfläche gespart wird.

Durch Luftüberhitzer sollen die Gase im allgemeinen von oben nach unten strömen. Dies läßt sich aber bei Kesseln mit einmaliger Gasumkehr und oben aufgesetztem Blechschornstein nicht durchführen. Daher wurde eine sehr große Luftgeschwindigkeit zugrunde gelegt, die nur Spalten von 8 mm für den Gasdurchgang ergab. Diese setzten sich jedoch am Austritt, wo die Geschwindigkeit auf die Hälfte abnimmt, leicht zu; deshalb wurden später die Lufterhitzer so durchgebildet, daß die Geschwindigkeit der Gase auch bei Abkühlung gleich hoch bleibt.

Der Staub scheidet sich im Kessel ab. Die groben Teilchen fallen infolge der starken Verminderung der Gasgeschwindigkeit und der scharfen Umkehr am untern Ende des Feuerraumes aus, wo der Aschentrichter angesetzt ist. Die nochmalige Umleitung der Gase im Schornstein hinter dem Gebläse scheidet sehr viel feinen Staub aus, so daß bisher das Kabelwerk, dessen Arbeitsvorgang

Abb. 5 und 6
Entwurf eines Benson-Kessels mit Rohbraunkohlen-Feuerung.

gegen Staub sehr empfindlich ist, über Staubbelästigung nicht geklagt hat. Trotzdem werden bei den neuen Entwürfen in den beiden Füchsen hinter dem Lufterhitzer Elektrofilter vorgesehen. Der Betz-Propeller hat sich bewährt. Es ist zweckmäßig, diesen Propeller reichlich zu bemessen, damit man auch bei Undichtheit der Gaskanäle den Kessel genügend überlasten kann.

Die Luft, die vor dem Eintritt in den Lufterhitzer durch den äußeren Kesselmantel gedrückt wird, verringert den Wärmeverlust des Kessels durch Strahlung; diese Anordnung soll beibehalten werden, doch soll die Luft durch den Außenmantel angesogen werden, damit sie bei Undichtheit der Kanäle nicht in den zweiten Zug übertreten kann.

Da der Dampfverbrauch im Kabelwerk stark zugenommen hat und im kommenden Winter bereits Hochdruck- und Niederdruckanlagen ohne Aushilfe arbeiten müssen, wird noch in diesem Jahr ein zweiter, etwas größerer Benson-Kessel aufgestellt.

Beim Entwurf der Anlage für das Kabelwerk waren Kreiselpumpen für 230 at noch nicht erprobt; man stellte daher außerdem eine Kolbenpumpe auf, obwohl sie für Wassermengen bis 30 t/h in der für hydraulische Anlagen üblichen Bauart zu groß und zu teuer war. Die Kreiselpumpe hat zuerst nicht befriedigt, da der Scheitelpunkt ihrer Kennlinie bei zu großer Förderleistung liegt, d. h., die Pumpe ist zu groß. Sie arbeitete nur bis zu rd. 22 t/h mit dem Wasser von 160 °C einwandfrei und pendelte bei geringerer Leistung. Sie ist jetzt umgebaut, so daß der Scheitelpunkt bei rd. 12 t/h liegt, Abb. 9. Bei kleineren Fördermengen wird ein Umlauf betätigt.

Von der Turbine, deren Bauart auch bereits veröffentlicht ist[8]), können noch keine Versuchsergebnisse mitgeteilt werden, da sie nach kurzer Betriebzeit wegen mangelhaften Längenausgleichs der 35-at-Leitung stillgesetzt werden mußte und erst jetzt Metallschlauch-Ausgleichstücke eingebaut worden sind. Allgemeine Aufschlüsse über den thermodynamischen Wirkungsgrad von Hochdruckturbinen sind von diesen Versuchen kaum zu erwarten, da die Turbine nicht für höchsten Wirkungsgrad entworfen ist und das Gefälle von 180 bis 60 at in einem zweikränzigen Curtisrad ausnutzt.

Berücksichtigt man, daß der Wirkungsgrad der Turbine in erster Linie vom Durchsatzvolumen und von der Stufenzahl abhängt und das mittlere Durchsatzvolumen für das Gefälle von 160 at, 450 °C, auf 30 at nur den fünften Teil des Volumens von 30 at, 400 °, auf rd. 6,5 at beträgt, so ergibt sich, daß man auch mit vielstufigem Hochdruckteil nur dann hohen thermodynamischen Wirkungsgrad erzielen kann, wenn die Dampfmenge entsprechend groß ist; man soll daher Höchstdruckturbinen in erster Linie bei größeren Kondensationsanlagen und Gegendruckanlagen anwenden und den Dampfdurchsatz von Vorschaltturbinen dadurch vergrößern, daß man den Abdampf auf mehrere Niederdruckturbinen verteilt. Für kleinere Dampfmengen müßte man besondre Bauarten entwickeln oder Kolbenmaschinen anwenden.

Betriebsversuche

Die Versuche am Benson-Kessel im Kraftwerk betrafen weniger den Wirkungsgrad als die Erprobung des Verfahrens. Die ersten Anlagen, bei denen hoher Wirkungsgrad erstrebt wurde, sind die im Kabelwerk und in der Technischen Hochschule. Für den Fachmann hat der Wirkungsgrad mit dem Verfahren wenig zu tun, da der Wirkungsgrad nur von der Güte der Verbrennung und der Ausnutzung der Abgase abhängt, also nur von der Betriebsführung des Kessels und den Kosten, die man für die Heizfläche im letzten Kesselteil aufwendet.

An dem Kessel der Hochschule, der mit Öl gefeuert wird, konnte man genaue Versuche durchführen. Wasserstandablesungen am Kessel sind allerdings nicht möglich, da kein Wasserstand vorhanden ist; es kommt also nur darauf an, am Anfang und Ende des Versuchs gleiche Verhältnisse der Feuerung und der Durchsatzmenge herzustellen, so daß bei Ölfeuerung auch sehr kurze Versuche genügen. Dabei ergaben sich folgende Werte:

Versuchsdauer	1,75 h
Speisewassermenge	2850 kg/h
Speisewassertemperatur	31,5 °C
Ölmenge	219 kg/h
Dampfdruck hinter dem Kessel	191 at
Dampftemperatur	387 °C
Unt. Heizwert des Gasöles	10082 kcal/kg
Lufttemperatur vor d. Unterwindgebläse	34,4 °C
Lufttemperatur hinter dem Lufterhitzer	205,5 „
Rauchgastemperatur vor d. Lufterhitzer	335 „
Rauchgastemperatur hinter d. Lufterhitzer	231 „
CO_2-Gehalt der Rauchgase im 2. Zug	9,95 vH
CO_2-Gehalt der Rauchgase hinter dem Lufterhitzer	8 vH
Druckverlust im Lufterhitzer gasseitig	9 mm W.-S.
Druckverlust im Lufterhitzer luftseitig	10 „ „
Dampftemperatur, Vorwärmer-Austritt	116,5 °C
Dampftemperatur hinter Schlange I	302 „
Dampftemperatur hinter Schlange II	362,5 „
Dampftemperatur, Kesselaustritt	387 „
Pumpendruck	233,5 at

Wärmebilanz:

Nutzbar übertragene Wärme	80,2 vH
Verlust in den Abgasen	15,8 „
Verlust durch Strahlung und Unverbranntes	4,0 „
	100,0 vH.

Die Versuche am Kessel im Kabelwerk wurden durchweg als Betriebsversuche von langer Dauer durchgeführt, da genaue Messungen der verfeuerten Kohlenstaubmenge noch nicht durchführbar sind und die Einflüsse von Fehlern bei der Abschätzung der Bunkerinhalte durch die Länge der Versuche vermindert werden sollten. Sehr stark hängt der Wirkungsgrad des Kessels wenigstens bei hoher Belastung von der Feinheit der Ausmahlung der Kohle ab. Bei einem Versuch mit 24 t/h Dampfleistung war die Verbrennung zunächst schlecht. Der Kohlenstaub ergab Rückstände von 19 vH auf dem 4900-Maschen-Sieb und von 3 vH auf dem 900-Maschen-Sieb. Die Flammen schlugen unten bis durch den Kühlrost. Bei feinster Ausmahlung der Kohle auf 8 vH Rückstand auf dem 4900-Maschen-Sieb und 0,5 vH auf dem 900-Maschen-Sieb war die Verbrennung einwandfrei.

Dabei betrug der CO_2-Gehalt vor dem Lufterhitzer rd. 14,2 vH, am Ende des Kessels dagegen im Mittel 10 vH. Die bereits erwähnten Undichtheiten des äußeren Luftmantels und wohl auch des Lufterhitzers setzten die Ausnutzung der Gaswärme im letzten Teil der Züge herab. Es dürfte also möglich sein, besonders wenn man die Luft durch den Außenmantel ansaugt und nicht drückt, bei gleicher Heizfläche noch bessere Werte zu erzielen. Die Abgastemperatur betrug bei 24 t/h Dampfleistung 254 °. Somit wäre das Restglied etwa null. Allerdings wird die Strahlung des Kessels zum größten Teil durch den Luftmantel aufgenommen; man kann daher aus der Abgastemperatur und dem CO_2-Gehalt bei Undichtheit des Lufterhitzers den Schornsteinverlust nicht einwandfrei berechnen, weil durch den Übertritt von heißer Luft, in diesem Fall bis über 400 °, in die Abgase die Abgastemperatur erhöht wird.

Bei den verschiedenen Belastungen ergaben sich die in Abb. 10 eingetragenen Wirkungsgrade. Die Punkte sind aus den Betriebaufzeichnungen mit 24stündigen Kohlenabschlüssen berechnet. Sie liegen bei mittlerer Belastung nicht genau auf einer Linie, wie dies auch im normalen Betrieb nicht anders zu erwarten ist, besonders wenn die Feinheit der Ausmahlung nicht überwacht wird.

Die Kohle hatte 18 bis 20 vH flüchtige Bestandteile und einen Heizwert von 6800 kcal/kg. Die Dampfleistung konnte ohne Schwierigkeiten auf 6 t/h vermindert werden. Versuche mit Ruhrmagerkohle sollen demnächst durchgeführt werden, um festzustellen, auf welche Mindestleistung man damit bei diesem Strahlungskessel herabgehen kann. Die Aufstellung des Kessels im Freien hat trotz des strengen Winters keine Störungen verursacht; der zweite Kessel wird ebenso aufgestellt.

[8]) Z. Bd. 71 (1927) S. 446.

Abb. 9
Kennlinien der Hochdruck-Kreiselpumpe (16 Stufen) für 30 t/h Förderleistung von Balke.

Abb. 7 und 8
Benson-Kessel für Kohlenstaubfeuerung.

Abb. 10
Wirkungsgrad des Benson-Kessels im Kabelwerk bei verschiedenen Belastungen.

Abb. 11
Regelversuch am Benson-Kessel in Nonnendamm mit Temperaturregler nach Eule.

Der Feuerraum hat 70 m³ Inhalt und enthält rd. 100 m² Strahlheizfläche, die hierfür verwendete Rohrheizfläche beträgt rd. 200 m², die Überhitzerheizfläche 270 m², die Zwischenüberhitzer-Heizfläche 287 m², die Heizfläche der Lufterhitzer, die die Luft auf rd. 400 ° vorwärmen, beträgt 1200 m².

Für die Regelung des Benson-Kessels wurden bei den Versuchen Erfahrungen gesammelt und von vornherein geeignete Geräte durchgebildet. Ist man schon allgemein bestrebt, den Kesselbetrieb selbsttätig zu machen, so schien dies für den Benson-Kessel besonders wichtig.

Die Auslösung der Antriebe brachte bei so hohen Drücken zunächst Fehlschläge; dagegen ergab sich, daß man mit einiger Übung eine Fernsteuerung mit der Hand ausreichend bedienen konnte. Die größte Aufmerksamkeit erforderten das Regelventil und die Dampftemperatur. Ohne elastisches Zwischenglied bedeutet es für den Wächter eine Anstrengung, eine ganze Schicht lang für die richtige Bemessung von Wasser, Brennstoff und Druck zu sorgen, wenn er mehrere Kessel bedienen soll. Es schien daher wertvoll, ihn teilweise durch selbsttätige Geräte zu entlasten.

In erster Linie nahm man ihm die Sorge um das Gleichhalten des Druckes ab. Hierfür wird der von Siemens & Halske A.-G. entwickelte Geber verwendet, bei dem ein zur Hälfte mit Quecksilber gefüllter Glasring mit eingelegtem Widerstand durch einen Manometer bewegt wird. Die Druckschwankungen betrugen ± 2 vH und lassen sich wohl noch weiter verringern. Ein Temperaturregler wurde nach Vorschlägen von Eule gebaut und erprobt; er empfängt seinen Antrieb von mehreren Thermoelementen, die hintereinandergeschaltet und an verschiedenen Stellen des Rohrnetzes eingebaut sind, wodurch man den Einfluß der Zeit berücksichtigen und z. B. eine Stelle durch zwei Thermoelemente stark wirksam machen kann.

In Abb. 11 sind Ergebnisse von Messungen mit diesem Gerät wiedergegeben, bei denen die Wassermenge verändert wurde, der Regler Brennstoff und Luftmenge beeinflußte und die Temperaturschwankungen im Höchstfall ± 5 vH betrugen. Beim Vergrößern der Leistung um 30 vH in 1 min sinkt die Temperatur um 10 vH, bei gleichbleibender Belastung treten Schwankungen von 2 vH auf. Will man in der Automatisierung weitergehen, so kann man die auch für andre Kessel gebräuchlichen Geräte benutzen. Der Geber von Siemens & Halske eignet sich auch für andre Kessel, der Eulesche Temperaturregler für das Gleichhalten der Endtemperaturen von Speisewasservorwärmern, bei denen auch die Zeit eine Rolle spielt.

Die Speisewasserfrage

Von allergrößter Wichtigkeit ist noch mehr als für Niederdruckkessel für Höchstdruckanlagen die Speisewasserfrage; das lehren auch die Mitteilungen von Anderson, Milwaukee[9]), der mit vorbildlicher Offenheit über die guten und bösen Erfahrungen an seiner 90 at-Anlage berichtet hat. Es genügen schon die kaum vermeidlichen Undichtheiten der Kondensatoren, um in den starker Wärmestrahlung ausgesetzten Rohren gefährlichen Steinansatz zu erzeugen.

Die Schwierigkeiten mit dem Speisewasser am Benson-Kessel im Kabelwerk waren andrer Art. Obschon der Kessel mit Kondensat aus den Heizleitungen gespeist wurde, trat schon während der ersten Versuche in dem Niederschlag des aus dem Kessel abblasenden Dampfes eine weiße Färbung ein. Der Benson-Kessel arbeitet parallel mit Niederdruckkesseln, die mit permutiertem Wasser gespeist werden, da das Kondensat der Heizleitungen verunreinigt oder in der Fabrik verbraucht wird.

Die Niederdruckkessel waren zeitweise überlastet, da der Benson-Kessel infolge von Schwierigkeiten der Kohlenaufbereitung anfangs nur halb und manchmal gar nicht arbeitete. In den Armaturen der Rohrleitung und der Turbine schlug sich ein feiner Staub nieder. Trotzdem traten keine Rohrausbeulungen und auch kein fester Ansatz in den Rohren auf. Nachdem der Kessel im Winter längere Zeit ohne Pause gearbeitet hatte, zeigte sich im 35 at-Zwischenüberhitzer ein Schaden an der unteren Biegung einer hängenden Rohrschlange. Zur Klarstellung wurden einige Rohrbögen abgesägt, und es stellte sich heraus, daß diese stark zugesetzt waren, jedoch nicht mit festem Kesselstein, sondern mit einem im Wasser sofort löslichen Salz von folgender Zusammensetzung:

50 vH $NaCl$, 24,9 vH Na_2CO_3, 5,5 vH Na_2SO_4, 1,7 vH Na_2SO_3, 1,6 vH $NaOH$, 1,3 vH $CaCO_3$, 0,3 vH SiO_2, 16,4 vH Fe.

Die Erklärung für den stark zunehmenden Salzgehalt des Kondensates liefern die Betriebsverhältnisse des Kabelwerkes. Der Benson-Kessel wurde wohl zeitweise abgeschlämmt, aber ein Teil der Salze wurde im Hochdrucküberhitzer als feiner Staub ausgeschieden und in die Heizleitungen des Werkes mitgeführt. Durch das Kondensat wurde das Salz wieder gelöst, es lief somit in der Anlage um. Die Niederdruckkessel wurden, wie üblich, abgeschlämmt. Das von ihrem Dampf mitgerissene Wasser brachte immer neue Salze in das Heizkondensat, womit der Benson-Kessel gespeist wurde, so daß die Anreicherung immer stärker wurde.

Durch häufigeres Abschlämmen und durch Überwachen des Salzgehaltes des Kondensates lassen sich diese Anreicherungen vermeiden. Auch in Anlagen mit weniger schwierigen Betriebsverhältnissen als im Kabelwerk, z. B. in reinen Kraftwerken, können, wie das Kraftwerk Milwaukee zeigt, Störungen dieser Art eintreten. Wenngleich sich nach den bisherigen Erfahrungen kein Kesselstein an den Hochdruckrohren des Benson-Kessels ansetzt, so muß doch mit Rücksicht auf die Turbinenschaufeln und die Betriebsicherheit der Armaturen hier, wie bei jedem anderen Kessel, dem Speisewasser die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Eine Kesseltrommel kann nur die Verunreinigungen in den Dampf- und Kondensatkreislauf einführen, die in den mitgerissenen Wasserteilchen enthalten sind. Die Dampfreinheit hängt also von der Verunreinigung des Kesselinhalts und von der Belastung der verdampfenden Wasserfläche ab. Die Reinheit des Kesselwassers wird von der Dichtheit des Kondensators und der Güte der Reinigung des Zusatzwassers, bei Speisewasser-Verdampfern von der Belastung des Wasserspiegels beein-

[9]) „Engineering" Bd. 125 (1928) S. 25 u. S. 55.

flußt. Undichte Kondensatoren tragen Härtebildner in den Kessel, während bei guter chemischer Reinigung des Kesselspeisewassers oder des Speisewassers der Verdampfer nur geringe Mengen von Härtebildnern in den Kessel gelangen. Auch die Höhe des Wasserzusatzes spielt eine Rolle; bei reinen Kondensationsanlagen hängt sie zum großen Teil wieder von der zulässigen Konzentration im Kessel, d. h. von der durch Abschlämmen verlorenen Wassermenge ab.

Bei Verdampferanlagen hat man häufig zu hohe Ausdampfzahlen, bis zu 9000 m^3/m^2h zugelassen, was zu starker Dampffeuchtigkeit und infolgedessen zu Verunreinigungen führt. Nach eingehenden Versuchen von Dr.-Ing. Stender an einem Behälter im Kraftwerk Charlottenburg dürften rd. 2000 m^3/m^2h zulässig sein, wenn der Wasserspiegel mindestens 1 m unter der Dampfentnahmeöffnung liegt, bei kleinerem Abstand entsprechend weniger. Bei liegenden Ruthsspeichern hat man bisher nicht mehr als 400 m^3/m^2h zugelassen und auch bei Kesseln sollte man diese Zahl nicht überschreiten.

Bei Kesseln, deren Dampf aus Trommeln entnommen wird, kann man durch Abschlämmen die Konzentration des Wassers auf einer bestimmten Höhe erhalten. Das Rohrnetz des Benson-Kessels wird auch abgeschlämmt, wie weit sich jedoch das Wasser der Erhitzerrohre anreichert, wird zur Zeit untersucht. Es liegt aber in der Art der Dampferzeugung, daß sich die Rohre des Benson-Kessels nicht dazu eignen, die Konzentration gleichhoch zu erhalten. Das muß an einer anderen Stelle des Netzes, z. B. in einem Behälter des Niederdruckteils, vorgenommen werden, wo ein Teil des Dampfes in einer Trommel niedergeschlagen und wieder verdampft wird.

Führt man bei einer Gegendruckanlage einen großen Teil des Kondensats oder das ganze Kondensat nicht wieder zurück, so ist es zweckmäßig, den Dampf nicht unmittelbar abzugeben, man schlägt ihn vielmehr in einem Dampfumformer nieder, damit man das Kondensat zum Speisen des Kessels zurückgewinnt, und gibt den neu erzeugten Dampf an die Fabrik oder die Heizung ab.

Es dürfte wertvoll sein, die verschiedenen Arten der Höchstdruck-Dampferzeugung in bezug auf die Speisewasserfrage miteinander zu vergleichen. In Abb. 12 bis 15 sind der Kessel üblicher Bauart, der Schmidt-Kessel, der Löffler-Kessel und der Benson-Kessel in Kondensationsanlagen schematisch dargestellt. Die Zusatzwasserbereitung ist der Einfachheit halber fortgelassen. Beim üblichen Kessel findet das Abschlämmen am Kessel selbst statt, beim Schmidt-Kessel am Hochdruck-Dampfumformer, beim Löffler-Kessel ebenfalls an den Umformertrommeln, beim Benson-Kessel an der Zwischentrommel, deren Dampfraum auch als Zwischenüberhitzer dienen kann.

Die gleichen Anlagen sind in Abb. 16 bis 19 für Betrieb mit Gegendruck ohne Rückführung des Kondensats dargestellt. Höchstdruckkessel üblicher Bauart dürfte man nach den Erfahrungen in Amerika kaum mit chemisch gereinigtem Wasser speisen, daher ist hier ein Dampfumformer eingeschaltet, der auch als Zwischenüberhitzer dient. Je nach der Höhe des Gegendruckes könnte man diesen Umformer auch am Ende der Turbine einschalten. Der Kessel wird mit dem Kondensat aus dem Umformer, der Umformer mit chemisch vorgereinigtem Wasser gespeist, das durch Abdampf oder im Kessel vorgewärmt sein kann. Hier muß man den Kessel und den Umformer abschlämmen.

Beim Schmidt-Kessel kann man den Hochdruck-Dampfumformer mit chemisch gereinigtem Wasser speisen und diesen auch abschlämmen. Das Wasser gelangt über den Vorwärmer in den Umformer. Beim Löffler-Kessel sind die Verhältnisse ebenso. Beim Benson-Kessel erhalten die Hochdruckschlangen Kondensat aus dem Niederdruck-Umformer, der mit chemisch gereinigtem Wasser gespeist und abgeschlämmt wird. Auch hier kann man je nach dem Gegendruck den Umformer hinter die Turbine schalten.

Das Zuatzwasser für gewöhnliche Kessel und Benson-Kessel kann man gewinnen, indem man Dampf aus dem Niederdruck-Umformer mit dem diesem zufließenden Speisewasser niederschlägt. Beim Schmidt-Kessel und

Abb. 12
Höchstdruck-Kessel nach bisher üblicher Bauart.

Abb. 13
Schmidt-Kessel

Abb. 14
Löffler-Kessel

Abb. 15
Benson-Kessel

Abb. 12 bis 15
Höchstdruckanlagen für Kondensationsbetrieb

a Abschlämmung, *b* Dampferzeuger, *c* Kondensator, *d* Trommel, *e* Hochdruck-Turbine, *f* Niederdruck-Turbine, *g* Pumpen, *h* Rost, *i* Überhitzer, *k* Vorwärmer, *l* Zwischenüberhitzer

Abb. 16
Höchstdruck-Kessel nach bisher üblicher Bauart

Abb. 17
Schmidt-Kessel

Abb. 18
Löffler-Kessel

Abb. 19
Benson-Kessel

Abb. 16 bis 19
Höchstdruck-Anlagen für Gegendruckbetrieb ohne Rückgewinnung des Kondensats

a Abschlämmung
b chemische Wasserreinigung
c Dampferzeuger
d Heizdampfnetz
e Pumpen
f Rost
g Trommel
h Hochdruckturbine
i Niederdruckturbine
k Dampfumformer
l Überhitzer
m Vorwärmer
n Zwischenüberhitzer

Löffler-Kessel wird der Zusatz als chemisch gereinigtes Wasser unmittelbar in den Hochdruck-Umformer gespeist. Für den geschlossenen Kreislauf des Schmidt-Kessels muß man möglichst reines Wasser verwenden, da aber die Verluste hier sehr gering sind, kann man sie am besten durch Regenwasser ersetzen, wie bei Heizanlagen. Schmidt-Kessel und Löffler-Kessel bedingen immer das Umformen der gesamten Höchstdruck-Dampfmenge, auch wenn nur ein Teil des Kondensats verlorengeht. Speisung mit Rohwasser könnte bei besonders günstigen Wasserverhältnisen nur angewandt werden, wenn Hochdruck- oder Niederdruck-Umformer vorhanden sind. Das Entgasen des Wassers ist in allen Fällen erwünscht, bei den Höchstdruck-Umformern aber zum Schutze der Trommeln besonders nötig.

Risse in den Erhitzerrohren des Benson-Kessels im Kabelwerk, die in keinem Zusammenhang mit dem Speisewasser stehen, sind an einigen Stellen aufgetreten, die mit Thermit geschweißt waren. Das elektrische Schweißen der Überhitzer und Erhitzer hat sich sehr gut bewährt, kann aber nur an geraden Rohren stattfinden, weil sich ein Innenwulst bildet, der weggefräst werden muß. Beim Thermit-Schweißen entsteht kein solcher Wulst; es wurde dort angewendet, wo bereits gebogene Rohre geschweißt werden mußten, war aber bei dem Bau dieses Kessels noch nicht ausreichend erprobt; der später gebaute Kessel der Technischen Hochschule Berlin hat nur Thermit-Schweißungen und bisher keine Undichtheiten gezeigt.

Alle diese Ausbesserungen wurden im Feuerraum ohne Abnahme von Rohren durchgeführt, in fünf Fällen nur durch Wassergasschweißungen kaum sichtbarer Undichtheiten der Thermit-Schweißstelle mittels Wassergas, in zwei Fällen durch nochmaliges Schweißen an der Schweißstelle gerissener Rohre mittels Thermit. Zerstörungen, Unfälle oder Schäden an nebenliegenden Rohren sind hierbei nicht eingetreten. Dabei enthält der Strahlungsraum des Kessels rd. 130 Thermit-Schweißstellen. Berücksichtigt man, daß es sich um eine Erstausführung handelt, so dürfte die Tatsache, daß nur 5 vH Fehlschweißungen vorgekommen sind, die Brauchbarkeit des Verfahrens beweisen.

Aufbau von Höchstdruck-Kraftanlagen

Der Ausgangspunkt jedes Entwurfes muß, ohne Rücksicht darauf, ob reine Krafterzeugung oder Abwärmeverwertung vorliegt, der Dampfzustand sein, der hinter der Turbine herrschen soll. Bei Kondensationsanlagen muß man von der zulässigen Dampffeuchtigkeit hinter der letzten Stufe ausgehen, worüber nur praktische Versuche Aufschluß liefern. Bei älteren Anlagen, die mit Dampf von 350 ° und rd. 15 at am Eintritt und mit rd. 75 vH thermodynamischem Wirkungsgrad arbeiten, ergaben sich bei Frischwasserkühlung 7 vH Dampffeuchtigkeit, wobei Anfressungen der Turbinenschaufeln nicht oder erst nach langer Zeit zu bemerken waren, wenn der Kesselbetrieb nicht sehr schlecht geführt wurde. Anlagen mit 375 ° und 32 at und thermodynamischen Wirkungsgraden von mehr als 85 vH kommen bereits auf 12 vH Feuchtigkeit.

Es scheint, daß dieser Wert schon zu hoch ist und solche Anlagen kaum ohne Zwischenüberhitzung arbeiten könnten. Auch auf das Abschleudern von Wasser in den einzelnen Stufen dürfte man nicht zu große Hoffnungen setzen; denn rechnerische Untersuchungen ergaben, daß sich die Wassertropfen radial verhältnismäßig langsam bewegen. Demnach kann sich das Wasser nach dem Schaufelende hin anstauen, aber nur wenig ausgeschleudert werden. Weitere Untersuchungen lassen es geraten erscheinen, von 8 vH Dampffeuchtigkeit hinter der Turbine auszugehen.

Unter diesen Annahmen zeigt Abb. 20 das Benson-Verfahren ohne Zwischenüberhitzung im IS-Diagramm. Bei gegebenem thermodynamischen Wirkungsgrad ergibt sich eine in einem bestimmten Winkel aufsteigende Gerade. Verlängert man diese bis auf den Druck von 180 at, so erhält man eine Temperatur von rd. 740 °, die praktisch nicht zulässig ist; deshalb muß man Zwischenüberhitzung anwenden. Die Rückführung des Dampfes in den Kessel zu diesem Zweck ist wohl die billigste Art, aber die Verteilung auf mehrere Kessel ist nur mit besondern Regelvorrichtungen lösbar; man baut daher in Amerika besonders geheizte Zwischenüberhitzer ein, was auch nicht zur Vereinfachung des Betriebes beiträgt.

Aus diesem Grunde ist die Zwischenüberhitzung mittels Dampf trotz höherer Kosten vorzuziehen. Hier ist man jedoch an die erreichbaren Temperaturen gebunden, wenn wirtschaftlich mögliche Heizflächen in Frage kommen. Das Benson-Verfahren bietet hier den Vorteil, daß man mit kondensierendem Dampf auf 370 ° überhitzen kann, während man bei 100 at-Kesseln kondensierenden und strömenden Dampf verwenden muß, um die gleiche Temperatur zu erreichen. Werden als Zwischendruck rd. 20 at und mehr angenommen, so ist eine zweite Zwischenüberhitzung bei 1 bis 3 at erwünscht, die wärmewirtschaftlich am besten mittels Anzapfdampf, betrieblich vielleicht einfacher mit dem Kondensat der ersten Zwischenüberhitzung durchgeführt wird.

Die Expansion soll niemals das Sattdampfgebiet erreichen, da bei so hohen Drücken schon eine geringe Dampffeuchtigkeit wegen der hohen spezifischen Wasserbelastung der Schaufellänge zu Anfressungen führen kann. Bei Neuanlagen kann man die Zwischenstufen so weit frei wählen, als sie eine brauchbare Teilung der Turbine in mehrere Gehäuse ergeben. Für Vorschaltturbinen ist der Anfangsdruck der vorhandenen Niederdruckturbine maßgebend, womit auch der Eintrittsdruck der Vorschaltturbine festgelegt ist. Das Benson-Verfahren ist zwar an den kritischen Druck gebunden, gestattet jedoch, da der Gewinn an Wärmegefälle im Gebiet zwischen 100 und 200 at gering ist, den Eintrittsdruck durch Drosseln des Regulierventils im Kessel den Verhältnissen anzupassen.

Der Aufbau der Höchstdruck-Dampfturbine verlangt einige Überlegung. Für ein Kraftwerk mit sehr schwankender Belastung wäre es vorteilhaft, die Expansion nicht durch eine mittlere Staustufe zu unterbrechen, weil dies den Dampfverbrauch bei geringerer Belastung verschlechtert. Anderseits setzt guter Wirkungsgrad viele Stufen voraus; auch die Betriebsicherheit wird durch die Aufteilung auf drei bis vier Gehäuse nicht erhöht und im Hochdruckteil können leichter Störungen auftreten als im Niederdruckteil. An der Turbine des Kabelwerks sind zwar jetzt gerade am Niederdruckteil Störungen aufgetreten, diese sind jedoch auf Fehler der Rohrleitung zurückzuführen. Die Turbine läuft auch noch nicht lange genug, um über die Betriebsicherheit des Hochdruckteils entscheiden zu können.

Was hauptsächlich zur Teilung in Vorschalt- und Grundturbine führt, ist die Notwendigkeit, den Durchsatz der Hochdruckmaschine so groß wie möglich zu machen, da nur dann, wenigstens bei den bisher bekannten Bauarten, ein günstiger Wirkungsgrad zu erzielen ist. Man muß daher danach streben, eine Vorschaltturbine vor zwei Grundturbinen zuzuschalten und eine weitere Grundturbine aufzustellen; diese könnte bei hinreichender Kesselreserve auch als Aushilfe für die Vorschaltturbine dienen, da man durch geeignete Wahl des Zwischendrucks das Verhältnis der Leistungen von Vorschaltturbine und Grundturbine auf 1 : 2 bringen kann. Der gleichbleibende Zwischendruck hat weiter den Vorteil, daß man den Dampf auch für Hilfsturbinen und einen Speicher verwenden kann. Einen merklichen Gewinn durch die Expansion des Dampfes ohne Zwischenstau erzielt man erst dann, wenn die Belastung längere Zeit unter Halblast bleibt. Bei der Teilung in eine Vorschaltturbine und zwei Grundturbinen kann man durch Abschalten einer Grundturbine bei Halblast auch diesen Verlust ausgleichen.

Bei Gegendruckanlagen ist der Enddruck gegeben. Meist verlangt man eine gewisse Überhitzung des Dampfes beim Austritt aus der Gegendruckturbine, weil der Dampf fortgeleitet werden soll. Ohne Zwischenüberhitzung kann man daher Höchstdruckanlagen nur bis rd. 8 at Gegendruck ausführen; bei Benson-Anlagen muß man den Dampf schon auf 100 at abdrosseln. Will man mit rd. 160 at Anfangsdruck arbeiten, so kann man ohne Zwischenüberhitzung nur bis rd. 18 at Gegendruck zulassen, damit man das Naßdampfgebiet nicht erreicht. Liegt der Gegendruck tiefer, z. B. bei 2 at abs., Abb. 21, so muß man Zwischenüberhitzung mittels Frischdampf anwenden. Den Anfangsdruck kann man immer so wählen, daß man mit einfacher Zwischenüberhitzung auskommt.

Der thermische Gewinn bei Höchstdruckanlagen läßt sich aus dem IS-Diagramm berechnen, wenn man bestimmte Turbinen- und Kesselwirkungsgrade zugrunde legt. Den Pumpenwirkungsgrad kann man bei Kolbenpumpen unabhängig von der Leistung mit 80 vH einschließlich Elektromotor bei Kreiselpumpen je nach der Durchsatzmenge mit 50 bis 70 vH annehmen. Der Wärmeverbrauch beträgt dann rd. 3100 kcal/kWh bei Vollast, die Ersparnis gegenüber rd. 35 at Kesseldruck rd. 18 vH. Hieraus geht hervor, daß Höchstdruckanlagen nur dann wirtschaftlich sind, wenn ihre Baukosten nicht höher sind als die von Anlagen für 35 at; das ist bei richtigem Entwurf möglich.

Anders bei Gegendruckanlagen; hier ist die Wärmemenge gegeben. Je höher nun das dem Zustande des Verbrauchsdampfes vorgelagerte Wärmegefälle ist, desto mehr Leistung kann man bei dem gegebenen Wärmeverbrauch erzielen. Die Leistungen von Gegendruckmaschinen bei 32, 100 und 180 at Eintrittsdruck und z. B. 5 at

Abb. 20
Benson-Verfahren ohne Zwischenüberhitzung, IS-Diagramm
a bis *b* Wärmezufuhr *b* bis *k* Dampfdehnung

Abb. 21
Benson-Verfahren bei einer Gegendruckanlage
a bis *b* Wärmezufuhr *c* bis *d* Zwischenüberhitzung
b „ *c* erste Dampfdehnung *d* „ *k* zweite Dampfdehnung

abs. Gegendruck bei gleichem Wärmeverbrauch, wobei der Abdampf noch um 20° überhitzt sein soll, verhalten sich wie 1 : 1,6 : 1,8; dabei kann der 32 at-Dampf nur auf 350° erhitzt werden, da sonst die Endüberhitzung höher wäre, während man bei 100 und 180 at mit 450° vor der Turbine arbeiten und Zwischenüberhitzung anwenden kann.

Der Dampfzustand, der in diesem Fall noch ohne Zwischenüberhitzung anwendbar ist, beträgt höchstens 50 at und 410° und das Verhältnis der Leistungen gegenüber 32 at 1,3. In allen Fällen ist die Pumpenleistung schon abgezogen. Der Mehrbetrag an Wärme, die gegenüber der 32 at-Anlage im Kessel übertragen werden muß, beträgt bei 50, 100 und 180 at 4,6, 9,8 und 14 vH, spielt also gegenüber der Steigerung der Leistung um 30, 60 und 80 vH keine Rolle; dagegen können je nach der Kesselart die Baukosten höher werden. Bei 100 und 180 at kommen noch die Zwischenüberhitzer hinzu. Die Kosten, bezogen auf 1 kW Nutzleistung der Turbine, werden mit der steigenden Leistung geringer. Die Kosten der Rohrleitungen bleiben annähernd gleich, während die Kosten der Speisepumpen mit steigendem Druck zunehmen.

Zieht man in jedem Fall die Kosten der Niederdruckanlage ab, die den Heizdampf erzeugen würde, so nehmen die Anlagekosten, bezogen auf 1 kW Nutzleistung, mit steigendem Druck so stark ab, daß die Anlage um so wirtschaftlicher wird, je höher der Druck ist. Je höher der Gegendruck wird, desto günstiger wird die Wahl des höchstmöglichen Druckes. Über den kritischen Druck hinauszugehen, ist zwecklos, selbst wenn Temperaturen über 450° zugelassen werden könnten, da die Zunahme der Pumpenleistung in keinem Verhältnis zur erzielbaren Mehrleistung stände. [B 1561]

Fachsitzung für Anstrichtechnik

gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Der Fachausschuß hat in den 1½ Jahren seines Bestehens in stets wachsendem Maße die Beteiligung der Fachleute aus Erzeuger-, Verwender- und wissenschaftlichen Kreisen gefunden und für seine Arbeiten weitgehende geldliche Förderung durch wirtschaftliche und wissenschaftliche Verbände, Großverbraucher, Behörden, Handwerkerorganisationen usw. erhalten. Die vom Fachausschuß an Forscher vergebenen dringenden und wichtigen Versuchsarbeiten erfordern der Natur ihrer Sache nach längere Arbeitzeit. Bis zum Vorliegen eigener Arbeitsergebnisse hat der Fachausschuß in wechselnden Orten Deutschlands sog. Sprechabende veranstaltet, um durch eingehende Aussprache der Fachleute einen größeren Überblick über die Bedeutung und Dringlichkeit schwebender Fragen auf dem Gebiete des Anstrichs zu erhalten. An der Aussprache auf den Sprechabenden beteiligten sich Ingenieure, Chemiker, Hygieniker, Handwerker usw. Im Mittelpunkt der Erörterungen hat fast überall die Frage des mechanischen Anstreichens und diejenige der Werkstoff- und der Arbeitsprüfung gestanden. Wenn man bedenkt, daß von den Gesamtkosten eines Anstrichs bei Handausführung etwa 80 vH auf Lohn entfallen, so ist es verständlich, daß die Entwicklung des mechanischen Streichens, der sogenannten Spritztechnik, sowohl von der farben- und lackerzeugenden Industrie als auch von Handwerkerkreisen lebhaft beachtet wird. Es war daher nur natürlich, daß auf der Fachtagung in Essen Fragen der Arbeitsvorbereitung und der Haltbarkeit von Anstrichen Gegenstand der Vorträge bildeten.

Als erster sprach Oberbaurat Luther[1]), der Leiter des Eisenbahnausbesserungswerkes Berlin-Grunewald. Er behandelte die

technische Vorbereitung für Anstriche,

insbesondere von Eisenbahnfahrzeugen. Die Untergestelle der Eisenbahnfahrzeuge müssen vor dem Aufbringen des Anstrichs gründlich von ölhaltigem Schmutz gereinigt werden. Früher geschah dies im allgemeinen durch Abkochen in Sodalauge und durch Reinigen mit der Hand. Dabei ging natürlich das in den Verunreinigungen enthaltende Öl verloren. Heute wird in einem neuzeitlich geleiteten Ausbesserwerk die Reinigung der Teile im geschlossenen Arbeitsgang selbsttätig vorgenommen. Das Öl wird dabei zurückgewonnen. Die Arbeitsvorbereitung in einer solchen immerhin kostspieligen Anlage ist wirtschaftlicher als nach früheren Verfahren.

Noch lebhafter als die Entwicklung der Reinigungsverfahren ist die Entwicklung der Entrostverfahren für Eisenbahnfahrzeuge gewesen. Zu dem Entrosten mit der Hand mit Stahlkratzen und mechanischen Schlagwerkzeugen kam als Verbesserung die Sandstrahlentrostung und als neueste Stufe die Entrostung mit sogenanntem Stahlkies. Stahlkies wird gewonnen durch Zertrümmern kleiner Hartguß-Stahlkugeln, deren scharfe Ecken und Kanten das behandelte Werkstück energisch angreifen. Im Ausbesserungswerk Grunewald wurde die erste größere Entrostanlage mit Stahlkies und Rückgewinnung des Kieses gebaut und in Betrieb genommen. Wichtig ist aber die Trennung des Stahlkieses von den abgearbeiteten Rostteilen und die Verhinderung des Rostens der Stahlkiesteilchen selbst.

[1]) Die Vorträge von Luther und König erscheinen im Wortlaut in dieser Zeitschrift. Der Vortrag von Droste wird als besondere Schrift des Fachausschusses für Anstrichtechnik veröffentlicht werden.

Der zweite Vortrag brachte in sehr zahlreichen Lichtbildern Angaben über die bei der Eisenbahnausbesserung beobachtete

Bewährung der verschiedenen Anstriche an Eisenbahnfahrzeugen.

Oberbaurat König, der Leiter des Werkes Magdeburg-Salbke, hat groß angelegte Versuche auf diesem Gebiete durchgeführt, die zum Teil noch laufen. Es ist außerordentlich dankenswert, daß die Reichsbahn die Ergebnisse dieser sehr kostspieligen Versuche bekanntgibt, so daß die einschlägige Industrie die Eignung ihrer Erzeugnisse für die fraglichen Fälle verfolgen kann. Dies kam auch in der sich an den Vortrag anschließenden Aussprache zum Ausdruck. Das Urteil des Vortragenden über die mangelnde Eignung der Nitrocellulose-Lacke für Eisenbahnfahrzeuge wurde von einigen Ausspracherednern angegriffen, wobei Beispiele aus Amerika und auch aus Europa angeführt wurden.

Den dritten Vortrag hielt Dr.-Ing. Droste, I.-G. Farbenindustrie, Leverkusen. Er sprach über

Seifenbildung in Anstrichen.

Die verschiedenen Veränderungen eines Anstrichs im Laufe der Zeit in physikalischer und chemischer Hinsicht werden gegenwärtig eifrig untersucht. Man hat schon früher die Ansicht geäußert, daß bei dem Mischen der Farbkörper mit Leinöl sogenannte Metall-Leinöl-Seifen entständen. Dem Vortragenden ist es nun in ausgedehnten Versuchen gelungen, den Nachweis zu erbringen, daß tatsächlich eine solche Reaktion eintritt, insbesondere konnte das gezeigt werden für Bleifarben. Die Verseifung hat für den Anstrich zur Folge, daß die Widerstandfähigkeit und Zerreißfestigkeit des Filmes wächst, dagegen die Dehnung abnimmt. Die Versuche in Leverkusen bestätigen im allgemeinen die im Schrifttum vertretene Ansicht von Dr. Blom, Zürich. Sehr eindrucksvoll waren die außerordentlich zahlreichen Lichtbilder, aus denen das Fortschreiten der Seifenbildung um die Farbkörperchen herum zu erkennen war, insbesondere bei den bunten Lichtbildern. Der Vortragende nimmt eine übersättigte Bleiseifenlösung in dem flüssigen Leinölfilm an. Wenn die Seifenkristalle aus der übersättigten Lösung auskristallisiert sind, wird allmählich das ganze Gesichtsfeld von Seifenkristallen ausgefüllt. Auf diese Weise werden selbst verhältnismäßig große Farbkörnchen vollständig abgebaut.

In der Aussprache nahm Dr. Blom, Zürich, Gelegenheit eine weitere Reihe Lichtbilder über diese Vorgänge zu zeigen. In der Eidgenössischen Materialprüfanstalt in Zürich hat man ein neues Verfahren ausgebildet, um die Festigkeit von Farbhäuten zu messen. Die Farbanstriche werden auf Eisenblech aufgetragen und nun in der Zerreißmaschine die Dehnung des Anstrichs auf diesen genormten Eisenstäben bestimmt. Die Farbhäute werden also nicht abgelöst wie sonst üblich, sondern auf ihrer Unterlage zerrissen, und zwar werden die Eisenstäbchen so lange gedehnt, bis die ersten Risse der Haut eintreten.

Wertvoll an diesem Verfahren ist die gute Darstellbarkeit gleicher Vorgänge. Man hat bei Wiederholung immer wieder übereinstimmende Ergebnisse festgestellt. Das Verfahren bietet den Vorteil, den Alterungsvorgang eines Anstrichs zahlenmäßig zu erfassen. [N 1755] Dr. Adrian

Gestaltung von Gußstücken[1)]

Von R. Lehmann, Dessau

Richtlinien für die Gestaltung von Gußstücken, die den Teilen eine gute Außenform geben lassen. Forderungen der Modellherstellung, der Gießerei und der mechanischen Werkstatt auf wirtschaftliche Herstellung, denen die Formgebung der Gußteile Rechnung tragen muß.

Richtige und fehlerhafte Konstruktion

Bei der Entwicklung der Konstruktion von Gußstücken muß der Konstrukteur nicht nur auf eine gute Formgebung des Gußstückes Rücksicht nehmen, sondern er muß es auch derart gestalten, daß es form-, gieß- und putzgerecht ist.

Die gute Formgebung ergibt sich von selbst, wenn die Grundregeln der Festigkeit berücksichtigt werden, d. h. der Körper als solcher gleicher Festigkeit, zumindest aber in angenäherter Form gestaltet wird. Bei Körpern, die nur eine Beanspruchung erhalten, wie Wandböcke, Abb. 1, Querbalken, Abb. 2, u. a., ist eine weitestgehende Anpassung an den Körper gleicher Festigkeit möglich. Anders verhält es sich bei Körpern, die neben Biegungsbeanspruchung noch Zugbeanspruchung usw. erhalten, aber auch hier muß der Konstrukteur, um überhaupt Form in das Stück zu bekommen, das Formstück den zu nehmenden Beanspruchungen anpassen. So erhalten Arme von Rädern und Scheiben eine 0,8fache Verjüngung am Kranz gegenüber der Nabe, Abb. 3 und 4. Bei Körpern, auf denen man Maschinen oder Armaturen befestigt, wie Unterstützungsböcke, Unterlagen, Grundplatten u. a. wählt man allein wegen der Form einen gewissen schrägen An- oder Auslauf. Für die Außenform von Grundplatten, für Augenschrägen ergibt das Verhältnis 7:5 eine günstige Form, Abb. 5. Die Höhe des Auges muß im Verhältnis zur Gesamthöhe der Grundplatte stehen. Ungünstig wirkt, wenn an Rahmen und Grundplatten hohe Augen in geringen Schrägen angesetzt sind, Abb. 6.

Abb. 1 Wandbock.

Abb. 2 Querbalken.

Abb. 3 und 4 Arme von Rädern und Scheiben.

Abb. 5 Fuß einer Grundplatte.

Zahlentafel 1
Angaben über Augenrundungen und Augenhöhen.

r	r_1	h	h_1	Plattenhöhe	Augenhöhe
9	0,5	1/4–1/5 Plattenhöhe	1/3 Augenhöhe	100	30
10–19	1			200	50
20–29	2			400	80
30–39	3			600	110
40–49	4			800	140
50–59	5				

Für die Anläufe von Augen und Übergängen einer schrägen Form zur geraden soll man nicht den Kreisbogen, sondern die Parabel, Abb. 1, 5 und 7, verwenden. Hierbei ist wichtig, daß der Übergang in einem gewissen Verhältnis zur Konstruktionslänge steht. Für die Ausladungen a, Abb. 1, bis 500 mm wähle man $l = \frac{a}{3}$ bis $\frac{a}{2}$, für Ausladungen über 500 mm $l = \frac{a}{4}$ bis $\frac{a}{5}$. Das Verhältnis der Parabel von 1 : 4, Abb. 8, ergibt einen günstigen Anschluß. Für Augenrundungen und Augenhöhen könnte Zahlentafel 1 zugrunde gelegt werden. Bei Übergängen von einer Rundung zur andern sollen nicht zwei Kreisbogen ineinanderlaufen, Abb. 9, sondern die Parabeln unter Zwischenschaltung einer Geraden, Abb. 10.

Die Gestaltung wird auch durch die von der Gießerei geforderte Aushebeschräge beeinflußt. Als Aushebeschräge kommt für Holzmodelle 1 : 100 und 1,5 : 200 in Frage. Soweit es die Formgebung zuläßt, wähle man die Schräge recht groß, etwa 1 : 10 bis 1 : 5. Die Aushebeschrägen soll der Konstrukteur als zur Konstruktion ge-

Abb. 6 Grundplatte mit zu hohem Auge.

Abb. 7 (rechts) Fundamentplatte mit parabelförmigen Hohlkehlen.

Abb. 8 Günstiges Parabelverhältnis für Übergänge.

Abb. 9 und 10 Anschlußformen.

[1)] Die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure gibt demnächst im Beuth-Verlag eine Sammlung unter dem Titel „Werkstattgerechtes Konstruieren" heraus. Sie enthält alles, was der Konstrukteur beim Entwurf eines Werkstückes zu beachten hat, das in einer bestimmten Herstellart angefertigt werden soll. Vor dem Erscheinen steht der Teil „Entwurf von Gußteilen".

bei hohem Ballen große Aushebeschräge

Abb. 11 (oben) und **12** (unten)
Aushebeschrägen zeichnen und mit Maßen versehen.

Abb. 13 bis 15
Gestaltung der Außenform zum Angleichen zweier Teile.

hörig betrachten und Maße angeben, Abb. 11. Zeichnungen ohne Aushebeschrägen und Maße hierfür, Abb. 12, sollten zurückgewiesen werden.

In allen Fällen, wo für die Konstruktion eine Teilung, ein Abschluß durch einen Deckel, eine Verflanschung u. a. in Frage kommt, führe man absichtlich einen Teil etwas größer aus als den zweiten, Abb. 13; der Überstand wird mit Rücksicht auf Schwindung und Formkastenversatz abhängig vom Durchmesser oder der Länge gewählt. Konstruktionsangaben für überstehende Flansche sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Die Form des überstehenden Randes ist von der Gestaltung

Abb. 20 und 21

Abb. 20 bis 25
Formgebung mit Rücksicht auf Bearbeitung.

Abb. 22 und 23 **Abb. 24 und 25**

Abb. 16 und 17
Geteilter Formkasten und Gußstück.

Abb. 18 und 19
Fundamentplattenfuß mit eingegossenem Loch und mit schiefstehendem Kernloch.

Abb. 16 bis 19
Gestaltung der Innenform unter Berücksichtigung von Formkastenversetzung.

des Stückes abhängig, bei andern Anschlußteilen mu[ß] man die Form der übrigen Gestaltung anpassen, Abb. [1] 14 und 15.

Um das Versetztsein zweier Teile zueinander zu ve[r]meiden, versieht man beide Teile mit einem Vorsprun[g] Abb. 15. In diesem Falle bearbeitet man die Ansätz[e] beider Teile, so daß sie vollkommen übereinstimme[n]. Ein Versetzen kann in der Außenform und in der Inne[n]form beim Eingießen von Löchern eintreten. Teilt ma[n] die Form, nach Abb. 16, dann ist mit einem Versetzen de[s] Formkastens zu rechnen. Das Gußstück enthält dann ein[e] Form nach Abb. 17. Abgesehen von der entstehende[n]

Abb. 26 und 27
Unterschneidung und ihre Vermeidung.

erheblichen Nacharbeit, die man, wenn sie im Wer[k] übersehen wird, bei dem Zusammenbau unter schwi[e]rigen Verhältnissen vornehmen muß, erhält das Gußstüc[k] ein schlechtes Aussehen. Durch Umgestaltung, Abb. 1[8] werden die Übelstände vermieden, das Maß x ist größe[r] als die auftretende größte Kastenversetzung zu wähle[n].

Die untere größere Aussparung des Loches hat noc[h] den wesentlichen Vorteil, daß bei einer größeren Anza[hl] Löcher das Versetztsein eines Loches keine erheblich[e] Nacharbeiten fordert, wie dies bei der Durchführung m[it] schiefstehendem Kernloch, Abb. 19, notwendig würd[e].

Die Gestaltung des Werkstückes kann man mittel[s] Bearbeitungszugaben beeinflussen. Soweit Flansch- un[d] Nabenstirnflächen bearbeitet werden, gibt man nur de[r] Bearbeitungsfläche selbst eine entsprechende Zugabe, set[zt]

Zahlentafel 2
Angaben über überstehende Flansche.

D_1	runde Maße wählen			
D über / bis	200	200 / 400	400 / 800	800
x	1,5	2	3	4
r	1	1	1	2

b über / bis	15	15 / 25	25 / 35	35 / 50
y	2	3	4	5

Abb. 28
Bock mit am Modell festen Augen.

Abb. 29 und 30
Deckel mit und ohne Kern eingeformt.

Abb. 31 und 33
Hohlkörper mit Arbeitsflächen.

Abb. 32 und 34
Einformung mit und ohne Kern.

Abb. 31 bis 34
Gestaltung zur Vermeidung von Kern und Grat.

ie aber unter Anschluß einer Rundung ab, Abb. 20. Bei er Ausführung, Abb. 21, muß man den Übergang auch earbeiten. In andern Fällen erhält das Gußstück mit :ücksicht auf die Bearbeitung eine entsprechende Innender Außenform, Abb. 22, und 23. Bei einem Werkstück, ıbb. 24, wird an den Augen *a* ein Ring stehenbleiben, bei ıbb. 25 dagegen bearbeitet man die Grundflächen. Unterchneidungen, Abb. 26, muß und kann man vermeiden.)ie Konstruktion, Abb. 27, ist vorzuziehen. Die Vertärkung am Rohteil bleibt am Fertigstück bestehen. Interbrechungen in zu bearbeitende Paßflächen sind zu ermeiden, da hierdurch keine genaue Passung ereicht wird.

Das Gußstück muß man ferner mit Rücksicht auf die Einformung, die Kerne und die Putzerei gestalten. Nach en bestehenden Konstruktionsregeln sollen sich keine ;ippen und Augen am Modell und Kernkasten befinden. ienügend Kernlöcher für die Auflage des Kernes und ugleich für die Reinigung des Stückes von der Kernıasse müssen vorhanden sein; aber auch die Putznaht ıuß man so anordnen, daß man sie leicht entfernen kann.)ie Forderung, daß alle Augen und Rippen fest sein ıüssen, gibt dem Körper eine gewisse Gestaltung. Bei iner Teilung des Stückes,, Abb. 28, muß man die Augen ‚u einer Fläche vereinigen.

Besonders beachtenswert ist die Frage der Kernuflage. Die Kerne selbst müssen eine bestimmte Dicke rhalten, damit sie dem Eisendruck widerstehen können, ie müssen aber auch eine genügende Auflage und Viderlage gegen Auftrieb aufweisen. Die Auflagen sind n möglichst einfacher Form für den Kern durchzubilden.

Durch eine entsprechende Umformung von Teilen :ann man Kerne auch vollständig vermeiden, vor allem ıuß man dies bei Formmaschinenmodellen berücksichigen. Abb. 29 zeigt einen Deckel mit Kern, Abb. 30 denselben Deckel nach entsprechender Umformung ohne Kern. Weiter zeigen Abb. 31 und 32 die Konstruktion eines Hohlkörpers mit Arbeitsflächen. Die Gestaltung verlangt für die mittlere Aussparung einen besonderen Kern. Würde der Teil nach Abb. 33 und 34 umgeformt, dann entfällt der Kern und auch die zweite Gußnaht; das Stück wird außerdem gefälliger, es erhält eine saubere Außenform und wird billiger.

Von besonderer Wichtigkeit ist weiter die richtige Modellteilung und Kernauflage. An diesen Stellen bildet sich ein Grat, den der Putzer bearbeiten muß. Bei Konstruktionsteilen wie Böcken, Unterlagen u. a., Abb. 35 und 36, die man an der Modellteilung bearbeiten muß, wird dann bei der Bearbeitung der Grat entfernt. Bei um 90° versetzter Teilung dagegen würde die Form durch die Gratbildung beeinflußt, Abb. 37 und 38, der Putzer muß den Grat besonders bearbeiten, außerdem verlieren die Gußstücke an Ansehen; der Putzer kann nicht die dem Stück gehörige Form schleifen. Gießt man Seil- und Kettenrollen in einer dreiteiligen Form, Abb. 39, so vermeidet man den Grat auf der Lauffläche, formt man dagegen die Teile in einer zweiteiligen Form ein, so muß man den Grat auf der ganzen Lauffläche wegarbeiten, Abb. 40 und 41.

Auf die Gestaltung sind die Angüsse zur Aufnahme von Steuervorrichtungen, Lagern usw. von besonderer Bedeutung. Angüsse, die für sich nur geringe mechanische Bearbeitung erfordern, sollte man besonders herstellen und anschrauben. Hierdurch erreicht man erhebliche Ersparnisse in der mechanischen Bearbeitung, und

Abb. 35 und 36
Böcke und Unterlagen.

Abb. 37 und 38

Abb. 35 bis 38
Gratbildung in Bearbeitungsfläche legen.

Abb. 39 bis 41
Drei- und zweiteilige Form für Seil- und Kettenrollen.
Zwei- und dreiteilige Modellteilung mit Rücksicht auf Gratbildung.

Abb. 42 bis 44
Maschinenrahmen mit angegossenen Lagerböcken.

vor allem wesentliche Vereinfachungen in der Gießerei. Gießt man die Böcke *e* am Maschinenrahmen, Abb. 42, an, so erhält man ein äußerst verwickeltes Gußstück. In der Gießerei braucht man für das Werkstück große Formkasten; infolge des Ansetzens der notwendigen Kerne erhöht sich die Ausschußgefahr; für die geringe Arbeit des Lochbohrens sind große Bearbeitungsmaschinen notwendig. Die Mängel vermeidet man, wenn man das Werkstück bei *a*—*b* oder *c*—*d* teilt, Abb. 42 bis 44.

Der Konstrukteur muß stets auf wirtschaftlichste Ausnutzung bedacht sein. Bei Anwendung der vom Gießereiverband herausgegebenen Konstruktionsregeln für Gußstücke[2]) werden die Hauptschwierigkeiten vermieden. Alle weiteren Punkte, mittels deren man die Bearbeitung und den Zusammenbau vereinfachen kann sind bei der Festlegung der Konstruktion eines Werkstückes genügend zu beachten. [B 1400]

[2]) „Die Gießerei" Bd. 14 (1927) S. 681 u. f.

Fachsitzung Betriebstechnik

gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Köttgen, Berlin-Siemensstadt, führte im Anschluß an die Begrüßungsworte aus, daß sich zwar die Fachsitzungen „Betriebstechnik" in früheren Jahren meist mit Gegenständen aus dem Gebiete des Maschinenbaues beschäftigt hätten, daß aber auch in andern wichtigen Industriezweigen betriebstechnische Aufgaben von großer Bedeutung zu erfüllen wären. Er erinnerte hierbei an die für die Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse so wichtigen Urgewerbe, die für Nahrung, Kleidung und Wohnung sorgen und die — jedes für sich — ebensoviel oder mehr Menschen beschäftigen als der Maschinenbau. Im vorigen Jahre hätte man sich mit dem „Holz als Werkstoff" und mit seiner Verarbeitung beschäftigt. In diesem Jahre wollte man dem Rechnung tragen, daß die Hauptversammlung mitten im rheinisch-westfälischen Industriebecken, also zwischen Kohlenschächten und Hüttenwerken, tagte.

Jeder Ingenieur kann, so entwickelte Dr. Köttgen weiter, seine eigenen Kenntnisse nicht besser erweitern, als wenn er sich von Fachgenossen mitteilen läßt, wie in anderen Industriezweigen gearbeitet wird, welche Aufgaben dort gestellt und wie sie gelöst werden. Wir begrüßen es daher dankbar, daß wir heute Vorträge über die Betriebswirtschaft in Eisenhüttenwerken hören werden. Trotz aller Verschiedenheiten in der Arbeitsweise werden wir doch sicherlich viele gemeinsame Gesichtspunkte mit den Betrieben der weiterverarbeitenden Industrie erkennen.

Auch in der Hüttenindustrie gewinnen gegenüber den eigentlichen hüttenmännischen Anlagen immer größere Bedeutung die Maschineneinrichtungen. Für ihre Instandhaltung sind große Werkstätten notwendig, und die Zahl der in diesen Werkstätten Beschäftigten ist sehr beträchtlich. Die wirtschaftliche Durchführung aller Instandsetzungsarbeiten ist also auch für die Hüttenwerke eine Frage von einschneidender Bedeutung. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, daß ein erheblicher Teil der Erfahrungen, die bei der Neuherstellung von Gütern gesammelt worden sind, für die Instandsetzung angewandt werden können.

Von besonderer Bedeutung unter den Aufgaben, die bei Berg- und Hüttenwerken auftreten, werden stets die der Förderung bleiben. Groß sind die zu bewegenden Massen, um so größer, je näher wir uns dem Ausgangserzeugnis befinden. Um welche Mengen es sich beispielsweise bei den Hütten handelt, wird klar, wenn wir die jährliche Rohstahlerzeugung in Deutschland betrachten, die im Jahre 1926 12 Mill. t betrug. Der größte Teil davon wird in Rheinland-Westfalen erzeugt. Wenig bekannt sind die Verluste durch Wertverminderung, die beim Verladen von Kohlen auftreten, und es ist durchaus verdienstvoll, durch genaue Untersuchungen die einzelnen Verlademöglichkeiten zu vergleichen, um die wirtschaftlichste Art zu erkennen.

Betriebswirtschaft in Eisenhüttenwerken

Dr.-Ing. Rummel, Düsseldorf, erläuterte zunächst, daß die Hüttenwerke mit ihrer ausgesprochenen Massenfertigung schon sehr früh den Gedanken der Fließarbeit klar durchgeführt haben, wenngleich die Zeitstudien sich erst jetzt in größerem Umfang einführen, und zeigte dann die fünf „Ausfalltore", aus denen heraus der Betriebswirtschaftler seine Untersuchungen beginnen kann: Er kann ausgehen vom Stoff, von der Maschine, dem Menschen, der Kraft oder den Kosten. Während nun der Maschineningenieur meist mit dem Menschen begann, lag dem Hüttenmann der „Weg des Stoffes" näher. Wer ihn durch die ganze Fertigung mit allen ihren Umwandlungen verfolgt und alle Kennziffern auf der Laufkarte vermerkt, gewinnt einen vorzüglichen Überblick über den Stoff selbst und über die Hilfsstoffe; er schafft die Unterlagen für eine auf Rechnung und nicht mehr auf Schätzung beruhende Akkordfestsetzung, er überprüft die Wärme- und Abfallwirtschaft und findet vor allem den „engsten Querschnitt". Diesen klar erkannt zu haben, ist schon die halbe Betriebsverbesserung.

Dem Weg des Stoffes kommt am nächsten der „Weg der Maschine"; denn diese ist immer nur eine Station auf dem Wege des Stoffes durch das Werk. Wie bei der Maschine, so gibt es auch einen „engsten Querschnitt menschlicher Arbeit". Wenn man die Solleistung auf Grund sorgfältiger Betriebstudien bestimmt hat, ergibt das Verhältnis der Ist- zur Solleistung den „Rührigkeitsfaktor" der Belegschaft. So gehen die einzelnen Wege ineinander über, und letzten Endes ist es gleichgültig, welchen man einschlägt. Den ernsten Beobachter führt jeder Weg zu einer Betrachtung der Dinge in ihrer Gesamtheit.

Bedauerlich ist, wie wenig bis vor kurzem der Ingenieur über die Selbstkosten Aufschluß bekommen konnte, die er braucht, wenn er den „Weg der Kosten" gehen will. Hier stößt er im Hüttenwesen sehr bald auf die Bedeutung der Sorten-Fertigung. Den unheilvollen Einfluß zu vieler kleiner Sorten zeigt ihm der „Umbaufaktor". Er wird auch einem klugen und betriebskundigen Kaufmann einen Fingerzeig für seine Politik geben können, während der „Störungsfaktor" wieder mehr dem Betriebsmann helfen wird.

Die bisher behandelten planmäßigen Verfahren lassen sich oft nicht mit der Folgerichtigkeit durchführen, wie es an sich erwünscht wäre. Wenn es brennt, greift man zum Eimer, und wenn der Betrieb raschen Eingriff fordert, dann ist es falsch, sich an aufgestellte Theorien zu klammern, dann wendet man das Verfahren des „gesunden Menschenverstandes" an.

Zum Schluß hob der Redner hervor, daß es bei allen betriebswirtschaftlichen Arbeiten zuvörderst auf die geistige Einstellung ankäme, und daß wirkliche Fortschritte und Verbesserungen nur durch Gemeinschaftsarbeit zu erzielen wären.

Der Vortrag wurde durch gute Lichtbilder erläutert und vermittelte den Zuhörern eine Fülle allgemeingültiger Gedanken[1]).

Betriebswirtschaft in Instandsetzungswerkstätten

Als zweiter Redner wies Dr. Voigt, Welzow, N.-L., eingangs auf die Bedeutung der als Nebenbetriebe oft wenig beachteten oder gar verachteten Instandsetzungswerkstätten hin. Die Zahl der in ihnen Beschäftigten macht in chemischen Werken bis zu 50 vH der Gesamtbelegschaft aus, durchschnittlich etwa 20 vH bei den in den Kreis der Betrachtung einbezogenen Braunkohlen-, Steinkohlen-, Hütten- und chemischen Betrieben. Die erste Aufgabe bei einer Betriebsverbesserung wird die Prüfung sein, ob die einzelnen Betriebwerkstätten notwendig sind, da sie häufig vorübergehenden Bedürfnissen ihr Entstehen verdanken und in ihrer unnötigen Vielheit unwirtschaftlich sein müssen. Bei der Zusammenfassung wird man bei größeren Werken eine Werkstatt zur Hauptwerkstatt machen und die übrigen als Betriebwerkstätten weiterführen. Die Hauptwerkstatt muß das Recht zum Eingreifen auch in die Betriebwerkstätten haben, damit die richtige Verteilung der Arbeiten gesichert ist. Nebenher können noch Betriebwachen und zu rascher Hilfe „fliegende Kolonnen" eingerichtet werden. Die Besorgnis, daß bei Abschaffung einer größeren Hauptwerkstatt die langen Wege eine starke Belastung mit sich bringen, ist unbegründet. Als Beispiel: Vier Betriebwerkstätten, die bis zu 30 km von der Hauptwerkstatt entfernt lagen, bezogen 75 vH ihrer Teile fertig von der Hauptwerkstatt.

Beim Neuaufbau der Werkstätten muß man „Grundlast" und „Spitzenlast" unterscheiden. Die Grundlast umfaßt die ständig und häufig auftretenden, die Spitzenlast die plötzlich und selten vorkommenden Arbeiten. Die Grundlast gehört in die Hauptwerkstatt, und so gelangt man hier sehr bald zur Massenarbeit. Hierbei kann man sofort erheblich an Lohn sparen, da man bessere Arbeitsverteilung an geeignete Leute, Wiederholung gleicher Vorgänge und damit

[1]) Er wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

die Möglichkeit des Stücklohnes hat. Nicht alle Arbeiten eignen sich indessen für Stücklohn; 20 bis 30 vH aller Arbeiten wird man immer noch im Zeitlohn ausführen lassen müssen. Wertvoll sind bei häufig auftretenden Arbeiten genaue Arbeitsuntersuchungen, die fast immer starke Verminderung der vorzugebenden Arbeitzeiten herbeiführen.

Die Instandsetzungswerkstätten müssen genau abrechnen wie ein Fertigungsbetrieb. Die Zahl der Beamten nimmt bei einer derartigen sorgfältigen Arbeitsvorbereitung und Führung natürlich zu; auch werden bei den vielseitigen und häufig wechselnden Arbeiten nur gute Kräfte am Platze sein. Ebenso sollte der Maschinenpark durchaus von erster Güte sein; denn schnelle Erledigung ist immer notwendig, und jede durch schlechte Einrichtungen verursachte Verzögerung bei der Instandsetzung kann gewaltige Kosten in der Hauptfertigung zur Folge haben.

An einigen Beispielen führte Dr. Voigt durchgeführte Verbesserungen vor, warnte vor Instandsetzungen um jeden Preis, an deren Stelle Neuanschaffungen oft wesentlich günstiger wären, und wies zum Schluß auf den segensreichen Einfluß hin, den die Instandsetzungswerkstätte, wenn sie richtig geleitet ist, auf die Wahl richtiger Werkstoffe und auch auf die Konstruktion selbst auszuüben in der Lage wäre.

Der Vortragende konnte aus reicher eigener Erfahrung schöpfen, hatte zudem Unterlagen aus den verschiedenen Industriezweigen zusammengetragen und gab wertvolle Anregungen[2]).

In der Aussprache ergänzte Dr.-Ing. Kleinböhl, Leuna, die Mitteilungen nach verschiedenen Richtungen. Er unterstrich, daß die fähigsten Ingenieure für die Instandsetzungsbetriebe gerade gut genug sind, verlangte Unterordnung der Betriebswerkstätten unter die Hauptwerkstatt und machte auch Angaben über Einrichtung und Aufgaben eines in seinem Werk geschaffenen zentralen Akkordbureaus. Hier wird Statistik geführt über die Zahl der Arbeiter und Arbeitstunden, über den Umfang der Stücklohnarbeit und Akkordüberschreitungen, hier werden Richtlinien und Kalkulationsblätter herausgegeben, Zeitstudien vorgenommen, Erfahrungen zwischen den einzelnen Betrieben vermittelt, hier wird auch die Arbeitsvorbereitung in gewissem Umfang erledigt. Große Sorgfalt wird auf die Ausbildung der Kalkulatoren verwandt, die wiederholten Prüfungen unterworfen werden. Genaueste Abrechnung ist auch bei den Betriebwerkstätten erforderlich.

Lagerung umladeempfindlicher Schüttgüter

Einleitend wies Prof. Dr.-Ing. E. h. Aumund, Berlin, auf die Verhandlungen bei der vom Verein deutscher Ingenieure veranstalteten Güterumschlagwoche 1925[3]) hin, bei denen bereits zum Ausdruck gebracht wurde, daß das Be- und Entladen häufig mehr kostet als die Beförderung selbst. Hierbei hätte man auch nach der Wertverminderung von Kohle, Koks, Briketts und andern Gütern durch Zerbröckeln, durch Grusbildung gefragt, und er wollte nunmehr an der Hand von Lichtbildern über das Ergebnis von zahlenmäßigen Feststellungen und Vergleichen berichten, die inzwischen vorgenommen wären. Während ganz allgemein die Grusbildung der Kohle bei freiem Fall je nach der Fallhöhe bis zu 20 vH beträgt, kann sie beim Gleiten auf geneigten Ebenen mit sehr flachen Winkeln bis auf 1 bis 2 vH heruntergesetzt werden. Je mehr es also gelingt, freien Fall zu vermeiden, desto kleiner der Verlust. Am günstigsten sind die Verhältnisse bei Bandförderung, dann folgt die Ladeschurre.

Beim Beladen der Eisenbahnwagen mittels Ladebandes oder Schurre schneidet der O-Wagen am besten ab, etwas ungünstiger stellen sich Kübel- und Großraumwagen. Beim Entladen von Eisenbahnwagen ergeben sich die ungünstigsten Verhältnisse beim Kippen eines O-Wagens und beim Öffnen des Großraumwagens über Füllrümpfen. Wegen des großen freien Falles ergeben sich hier Verluste von 9 vH; etwas günstiger ist das Entladen in Behälter. Verbesserung ist in beiden Fällen zu erzielen durch Anwendung von Stauplatten, die die Fallgeschwindigkeit vermindern. Am geringsten sind die Verluste bei Handentladung in Kübel, wobei nur 2,2 vH Grusbildung auftritt.

Beim Verladen in Schiffe wächst die Wertminderung; bei Seeschiffen ist sie naturgemäß größer als bei Flußschiffen. Bei diesen wurde der Höchstwert mit 15 vH ermittelt, und zwar beim Kippen über verstellbare Schüttrümpfe mit Schurren. Dies Verfahren wird z. B. in den Duisburg-Ruhrorter Häfen angewandt. Etwas günstiger ist das Verladen mit Kipperbrücken, wesentlich besser die Kübelverladung. Beim Entladen in Seeschiffe mittels Kipper über Schurren, wie es in England und Emden üblich ist, steigt die Grusbildung bis auf 28 vH, bei Verwendung von Füllrumpf und Förderband, wie im Hafen von Danzig gearbeitet werden soll, geht sie auf 8 bis 15 vH, bei Kübelentladung auf 6 bis 7,5 vH zurück. Beim Entladen auf das Freilager steht gleichfalls der Kübelwagen am günstigsten da.

Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Untersuchungen ergibt sich daraus, daß sich der Wert der Kohle infolge der Grusbildung auf etwa die Hälfte vermindert. 1 vH Grusbildung ergibt also bei einem Kohlenpreis von 20 ℛℳ/t einen Verlust von 10 ₰, bei 28 vH demnach eine Wertverminderung von 2,80 ℛℳ/t. Es ist daher durchaus notwendig, bei Entwurf und Betrieb der Fördereinrichtungen hierauf Rücksicht zu nehmen.

Der Vortragende betonte, daß die mitgeteilten Zahlen keinen Anspruch auf unbedingte Genauigkeit machen sollten, sondern eher als Vergleichswerte anzusehen wären. An dem Beispiel einer bestehenden Verladeeinrichtung zeigte er dann noch, wie bei wiederholtem Be- und Entladen insbesondere beim Stürzen auf die Halde Verluste bis zu 30 vH auftreten und wie durch bessere Anordnung der Verladeanlagen diese Verluste beim Schüttlager auf etwa 10 vH, bei Aufbewahrung der Kohle in besonders ausgestalteten Kübeln sogar auf 5 vH herabgedrückt werden könnten. Dieses letztere Verfahren wäre aber nur wirtschaftlich, wenn die Kübel mindestens etwa wöchentlich einmal benutzt würden. Jeden Einzelfall müßte man sorgfältig berechnen. Der Zweck des Vortrages wäre, einen Begriff von der zahlenmäßigen Höhe der Wertminderung zu geben.

Die sehr sorgfältig durchgeführten Untersuchungen brachten sicherlich dem Ingenieur von Kohlenzechen und Hüttenwerken wertvolle Unterlagen, zeigten aber auch dem Betriebsmann allgemein, wie leicht Verluste an Stellen auftreten können, wo man sie in dieser Höhe jedenfalls kaum vermutet. Nur planmäßiges Erfassen der Einzelvorgänge kann hier zum Ziel führen, genau wie bei Arbeitsuntersuchungen aller Art, die wir in der Weiterverarbeitung auf den verschiedensten Gebieten durchzuführen gewohnt sind[4]).

[N 1738] Kothe

[2]) Der Vortrag wird demnächst in der Zeitschrift „Maschinenbau" erscheinen.

[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1176 u. 1201.

[4]) Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

Der Dieselmotorantrieb für Hilfsmaschinen auf Schiffen

Auf einer Versammlung der North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders am 13. Januar 1928 behandelte J. Calderwood die Verwendung des Dieselmotors für den Antrieb von Hilfsmaschinen auf Schiffen. Wenn schon auf Dampfschiffen der Dieselmotor hierfür in Verwendung gekommen ist, so wird dies bei Motorschiffen zu einer Forderung des organischen Aufbaues. Aus den verschiedenen Bauarten (Vier- und Zweitakt, Luft- und luftlose Einspritzung) empfiehlt er mit Rücksicht auf die unbedingt zu fordernde Betriebsicherheit eine stehende Zweitakt-Vorkammermaschine mit Kreuzkopfführung. Der Raum unter dem Kolben ist gegen den Kurbelkasten durch eine Stopfbüchse abgedichtet und dient als Spülpumpe.

Hinsichtlich des Massenausgleichs sind wiederum kompressorlose Dieselmotoren günstiger, da die Massenkräfte des Kompressors im allgemeinen unausgeglichen bleiben. Soweit dennoch Kräfte oder Momente frei werden, muß nach Möglichkeit Resonanz mit der Eigenschwingung des Fundamentes, besonders aber die Resonanz mit der Eigenschwingung des Schiffskörpers vermieden werden. Für die Vorausbestimmung der Eigenschwingung des Schiffskörpers gibt Calderwood folgenden Anhalt: Aus mannigfachen Beobachtungen ergibt sich als Produkt aus Schiffslänge und Schiffs-Eigenschwingung in 1 min für Schwingungen mit zwei Knotenpunkten im Mittel die Zahl 39 000 m/min, für Schwingungen mit drei Knotenpunkten im Mittel 61 000 m/min. Hieraus läßt sich bei bekannter Länge des Schiffes dessen Eigenschwingung im voraus schätzen und gibt somit einen Anhalt für die Wahl der Motordrehzahl. Der Bericht befaßt sich weiterhin mit der Wahl und Vereinigung der Hilfsmaschinen und weist zum Schluß auf den Vorteil hin, den selbst bei Dampfschiffen Hilfsmaschinen mit Dieselmotorantrieb bieten. [N 1791] A. L.

Der Beharrungszustand im Winderhitzer

Von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Nußelt, München

Aufstellung einer Integralgleichung für den Temperaturverlauf im Beharrungszustand des Winderhitzers. — Lösung dieser Gleichung durch eine Reihenentwicklung. — Berechnung des wärmetechnischen Wirkungsgrades und des Temperaturverlaufes für ein Beispiel.

In einer früheren Abhandlung[1]) habe ich den Temperaturverlauf im Winderhitzer ermittelt unter der Voraussetzung, daß zu Beginn der Gas- und der Windperiode der Verlauf der Steintemperatur bekannt ist. Wenn auch die dort angegebenen Formeln gestatten, schrittweise den örtlichen und zeitlichen Temperaturverlauf für den Beharrungszustand des Winderhitzers zu berechnen, so sind doch immerhin Formeln erwünscht, die sofort den Beharrungszustand zu berechnen gestatten. Für den dort behandelten Fall 3 soll das im folgenden geschehen[2]).

Unter der Voraussetzung, daß die Wärmeleitzahl des Steines parallel zur Strömrichtung des am Stein entlangstreichenden Gases null, aber senkrecht dazu unendlich groß ist, kann man den Verlauf der Temperaturen u im Gasstrom und t im Stein aus den früheren Gleichungen (49) und (51) erhalten. Diese beiden Gleichungen mögen zunächst durch die Koordinatentransformation

$$\sqrt{2\,n\,x} = r \quad \text{und} \quad \sqrt{2\,m\,z} = s \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots (1)$$

etwas umgeformt werden. Ersetzt man noch den als bekannt angenommenen Temperaturverlauf zur Zeit $z = 0$, $t_0 = f(x)$, im Stein durch die umgerechnete Funktion $t = \varphi(r)$, so wird die Steintemperatur zur Zeit s nach Beginn der Gasperiode

$$t = \varphi(r)\, e^{-\frac{s^2}{2}} - e^{-\frac{r^2+s^2}{2}} \left[u_0 \frac{s}{r}\, i\, J_1(i\,r\,s) + \int_0^r e^{\frac{\eta^2}{2}} \varphi(\eta) \frac{s\,\eta}{\sqrt{r^2-\eta^2}}\, i\, J_1\left(i\,s\sqrt{r^2-\eta^2}\right) d\eta + \frac{u_0}{r} \int_0^s e^{\frac{s^2-\eta^2}{2}} \eta^2\, i\, J_1(i\,r\,\eta)\, d\eta \right] \quad (2$$

und die Gastemperatur

$$u = e^{-\frac{r^2+s^2}{2}} \left[u_0 J_0(i\,r\,s) + \int_0^r e^{\frac{\eta^2}{2}} \eta\, \varphi(\eta)\, J_0\left(i\,s\sqrt{r^2-\eta^2}\right) d\eta + u_0 \int_0^s e^{\frac{s^2-\eta^2}{2}} \eta\, J_0(i\,r\,\eta)\, d\eta \right] \ldots \ldots (3$$

Ist z_1 die Dauer der Gasperiode, so wird an ihrem Ende und damit am Anfang der Windperiode die Steintemperatur t_1, wenn man zur Abkürzung

$$\sqrt{2\,m\,z_1} = s_1 \ldots \ldots \ldots \ldots (1a)$$

setzt,

$$t_1 = \varphi(r)\, e^{-\frac{s_1^2}{2}} - e^{-\frac{r^2+s_1^2}{2}} \left[u_0 \frac{s_1}{r}\, i\, J_1(i\,r\,s_1) + \int_0^r e^{\frac{\eta^2}{2}} \varphi(\eta) \frac{s_1\,\eta}{\sqrt{r^2-\eta^2}}\, i\, J_1\left(i\,s_1\sqrt{r^2-\eta^2}\right) d\eta + \frac{u_0}{r} \int_0^{s_1} e^{\frac{s_1^2-\eta^2}{2}} \eta^2\, i\, J_1(i\,r\,\eta)\, d\eta \right] \quad (4$$

Den damit bekannten Verlauf der Steintemperatur zu Beginn der Windperiode benutzt man nun, um durch sinnentsprechende Übertragung von Gl. (2) auf die Windperiode den Temperaturverlauf im Stein während und am Ende der Windperiode zu erhalten, wenn man annimm daß während der Windperiode der Wind mit der ko stanten Temperatur v_0 eintritt. Setzt man in diese Gle chung die Zeit z_2 der Windperiode ein, so erhält man d Temperaturverlauf t_2 im Stein am Ende der Windperiod Im Beharrungszustand des Winderhitzers muß diese glei der Temperatur $t_0 = f(x)$ am Beginn der Gasperiode sei

Die Gleichsetzung

$$t_2 = t_0 = f(x) \ldots \ldots \ldots \ldots (5$$

gibt dann eine Gleichung zur Berechnung von $f(x)$.

Einfacher gestaltet sich die Rechnung, wenn man d folgenden Annahmen macht, die bei praktischen Au führungen, wenn auch vielfach nur angenähert, zutreffe Es seien die Dauer der Gas- und der Windperiode gleic also $z_2 = z_1$. Es seien ferner für beide Perioden d Wärmeübergangszahlen α gleich. Außerdem seien d Wasserwerte W der stündlich durch den Winderhitz fließenden Mittel für die Gas- und die Windperiode gleic In Abb. 1 ist als Abszisse die Heizfläche x im Win erhitzer aufgetragen und als Ordinate die Steintemperatur Bei $A\,(x=0)$ trete das heiße Gas mit der Temperatur ein und bei $B\,(x=F)$ während der Windperiode der Wi mit der Temperatur v_0. Für Anfang und Ende der Ga periode ist der Verlauf der Steintemperatur eingetrage Unter obigen Annahmen verlaufen die Steintemperature während der Gas- und der Windperiode gleich, wenn ma die Temperatur im Stein während der Gasperiode von und während der Windperiode von v_0 aus und die Hei fläche x von A bzw. B aus zählt.

Deshalb muß sein

$$u_0 - t_x^{z=0} = t_{F-x}^{z=z_1} - v \ldots \ldots \ldots (6$$

Setzt man entsprechend Gl. (1)

$$\sqrt{2\,n\,F} = b \ldots \ldots \ldots \ldots (1b$$

und führt man die Werte für t aus Gl. (4) in Gl. (6) ei so wird

$$u_0 - \varphi(r) = \varphi\left(\sqrt{b^2-r^2}\right) e^{-\frac{s_1^2}{2}} - e^{-\frac{b^2-r^2+s_1^2}{2}} \left[u_0 \frac{s_1}{\sqrt{b^2-r^2}}\, i\, J_1\left(i\,s_1\sqrt{b^2-r^2}\right) \right.$$

$$\left. + \int_0^{\sqrt{b^2-r^2}} e^{\frac{\eta^2}{2}} \varphi(\eta) \frac{s_1\,\eta}{\sqrt{b^2-r^2-\eta^2}}\, i\, J_1\left(i\,s_1\sqrt{b^2-r^2-\eta^2}\right) d\eta + \frac{u_0}{\sqrt{b^2-r^2}} \int_0^{s_1} e^{\frac{s_1^2-\eta^2}{2}} \eta^2\, i\, J_1\left(i\,\eta\sqrt{b^2-r^2}\right) d\eta \right] - v_0 \quad . \quad (7$$

Diese Gleichung ist nach der unbekannten Funktion $\varphi(r)$ aufzulösen. Zur Abkürzung werde gesetzt:

$$\left.\begin{aligned} & u_0 + v_0 + e^{-\frac{b^2-r^2+s_1^2}{2}} \left[u_0 \frac{s_1}{\sqrt{b^2-r^2}}\, i\, J_1\left(i\,s_1\sqrt{b^2-r^2}\right) + \frac{u_0}{\sqrt{b^2-r^2}} \int_0^{s_1} e^{\frac{s_1^2-\eta^2}{2}} \eta^2\, i\, J_1\left(i\,\eta\sqrt{b^2-r^2}\right) d\eta \right] = \psi(r), \\ & e^{-\frac{s_1^2}{2}} = a \quad \text{und} \quad e^{-\frac{b^2-r^2+s_1^2-\eta^2}{2}} \frac{s_1\,\eta}{\sqrt{b^2-r^2-\eta^2}}\, i\, J_1\left(i\,s_1\sqrt{b^2-r^2-\eta^2}\right) = K(r,\eta) \end{aligned}\right\} . \quad (8$$

[1]) Die Theorie des Winderhitzers, Z. Bd. 71 (1927) S. 85.

[2]) Inzwischen bekam ich Einsicht in die Habilitationsschrift von Dr. Hausen „Über die Theorie des Wärmeaustausches in Regeneratoren", welche die gleiche Frage auf anderem Wege behandelt. Dort findet sich auch eine Abbildung mit dem Wirkungsgrad für wechselnde Werte von b und s_1. Anstelle von b und s_1 sind dort die Bezeichnungen $\lambda = \frac{b^2}{2}$ und $\pi = \frac{s_1^2}{2}$ benutzt.

amit geht Gl. (7) über in

$$\varphi(r) + a\,\varphi\left(\sqrt{b^2 - r^2}\right) = \psi(r) + \int_0^{\sqrt{b^2-r^2}} K(r,\eta)\,\varphi(\eta)\,d\eta\,. \quad (9).$$

In dieser Gleichung ist r die unabhängig Veränder-che, a und b sind Konstanten, $\psi(r)$ und $K(r,\eta)$ sind be-annte Funktionen und $\varphi(r)$ ist die unbekannte Funktion. ine solche Gleichung, in der die unbekannte Funktion ich unter dem Integralzeichen auftritt, nennt man eine itegralgleichung. Um zu ihrer Lösung[3]) zu gelangen, rweitert man sie zunächst dadurch, daß man das Integral it einem Parameter λ multipliziert, der später = 1 ge-etzt wird. Sie geht dann über in

$$\varphi(r) + a\,\varphi\left(\sqrt{b^2 - r^2}\right) = \psi(r) + \lambda \int_0^{\sqrt{b^2-r^2}} K(r,\eta)\,\varphi(\eta)\,d\eta\,. \quad (10).$$

ie Lösung von Gl. (10) werde nun in der Form einer otenzreihe von λ angesetzt:

$$\varphi(r) = \varphi_0(r) + \lambda\,\varphi_1(r) + \lambda^2\,\varphi_2(r) + \cdots + \lambda^n\,\varphi_n(r)\,. \quad (11).$$

etzt man diese Reihe in die Integralgleichung ein, dann üssen, damit sie erfüllt wird, die Faktoren gleicher otenzen von λ auf beiden Seiten gleich werden. So er-eben sich für die Funktionen $\varphi_0(r)$, $\varphi_1(r)$, $\varphi_2(r)$ .... (r) folgende Bestimmungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned}
&\varphi_0(r) + a\,\varphi_0\left(\sqrt{b^2 - r^2}\right) = \psi(r)\\
&\varphi_1(r) + a\,\varphi_1\left(\sqrt{b^2 - r^2}\right) = \int_0^{\sqrt{b^2-r^2}} K(r\,\eta)\,\varphi_0(\eta)\,d\eta\\
&\varphi_2(r) + a\,\varphi_2\left(\sqrt{b^2 - r^2}\right) = \int_0^{\sqrt{b^2-r^2}} K(r,\eta)\,\varphi_1(\eta)\,d\eta\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
&\varphi_n(r) + a\,\varphi_n\left(\sqrt{b^2 - r^2}\right) = \int_0^{\sqrt{b^2-r^2}} K(r,\eta)\,\varphi_{n-1}(\eta)\,d\eta
\end{aligned}\right\} \quad (12).$$

s der ersten dieser $n+1$ Gleichungen kann $\varphi_0(r)$ be-hnet werden. Setzt man diesen Wert in die zweite Glei-ung ein, so gibt ihre Lösung $\varphi_1(r)$. Dieser Wert in die itte Gleichung eingesetzt, liefert $\varphi_2(r)$ usw. Diese -1 Gleichungen sind alle von der Form

$$f(x) + a\,f\left(\sqrt{b^2 - x^2}\right) = \Phi(x)\,. \ldots\ldots \quad (13),$$

bei $f(x)$ die unbekannte und $\Phi(x)$ eine bekannte Funk-n ist. Ersetzt man in dieser Gleichung die Veränder-he x durch $\sqrt{b^2 - x^2}$, so geht sie über in

$$f\left(\sqrt{b^2 - x^2}\right) + a\,f(x) = \Phi\left(\sqrt{b^2 - x^2}\right)\,. \ldots \quad (14).$$

ltipliziert man diese Gleichung mit $-a$ und addiert sie Gl. (13), so erhält man

$$f(x)\,(1 - a^2) = \Phi(x) - a\,\Phi\left(\sqrt{b^2 - x^2}\right) \ldots \quad (15),$$

i nach $f(x)$ aufgelöst ergibt:

$$f(x) = \frac{\Phi(x) - a\,\Phi\left(\sqrt{b^2 - x^2}\right)}{1 - a^2} \ldots\ldots \quad (16).$$

Hilfe von Gl. (16) lassen sich sämtliche $n+1$ Glei-ngen (12) lösen. Wenn man die gewonnenen Funk-en $\varphi_0(r)$, $\varphi_1(r)$, $\varphi_2(r)$ .... $\varphi_n(r)$ in Gl. (11) einsetzt, lt man die Lösung von Gl. (10), und wenn man darin 1 setzt, erhält man die gesuchte Lösung von Gl. (9):

$$\varphi(r) = \varphi_0(r) + \varphi_1(r) + \varphi_2(r) + \cdots + \varphi_n(r)\,. \quad (17).$$

Die schnelle Konvergenz dieser Reihe zeigt das folgende piel[4]): Für $b = 3$, $s_1 = 2$, $u_0 = 1$ und $v_0 = 0$ sind die elnen Summanden und die Summe von Gl. (17) ab-ig von r in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

[3]) Vergl. Volterra, Leçons sur les équations intégrales et les ions intégrodifférentielles, Paris 1913.
[4]) Für die Durchrechnung des Beispiels bin ich meinem enten G. Ackermann zu großem Dank verpflichtet.

Abb. 1
Temperaturverlauf im Stein am Anfang und Ende der Gasperiode.

Zahlentafel 1
Temperaturverlauf im Stein am Anfang der Gasperiode

r	φ_0	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	$\varphi(r)$
0,0	+ 0,885	— 0,326	+ 0,173	— 0,082	+ 0,043	+ 0,681
0,3	+ 0,875	— 0,338	+ 0,187	— 0,087	+ 0,045	+ 0,667
0,6	+ 0,862	— 0,349	+ 0,195	— 0,090	+ 0,047	+ 0,648
0,9	+ 0,840	— 0,358	+ 0,198	— 0,094	+ 0,049	+ 0,618
1,2	+ 0,808	— 0,364	+ 0,200	— 0,101	+ 0,050	+ 0,573
1,5	+ 0,755	— 0,370	+ 0,203	— 0,102	+ 0,049	+ 0,512
1,8	+ 0,685	— 0,370	+ 0,194	— 0,099	+ 0,048	+ 0,437
2,1	+ 0,580	— 0,336	+ 0,165	— 0,087	+ 0,044	+ 0,350
2,4	+ 0,441	— 0,262	+ 0,118	— 0,064	+ 0,031	+ 0,254
2,7	+ 0,252	— 0,135	+ 0,056	— 0,032	+ 0,012	+ 0,147
3,0	+ 0,015	+ 0,044	— 0,023	+ 0,011	— 0,006	+ 0,043

Die Glieder φ_0 bis φ_4 sind mit den Gleichungen (12) durch angenäherte Integration berechnet. Aus ihnen läßt sich für die nachfolgenden, schon kleinen Glieder folgende Gesetzmäßigkeit ableiten:

für Summanden mit geradem Zeiger

$$\varphi_n = \frac{1}{4}\,\varphi_{n-2}$$

und ebenso für Summanden mit ungeradem Zeiger

$$\varphi_m = \frac{1}{4}\,\varphi_{m-2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18).$$

Die Summe der Restglieder wird deshalb

$$\sum_{n\,=\,6,8,\ldots}^{\infty} \varphi_n = \frac{\varphi_4}{3}$$

und

$$\sum_{m\,=\,5,7,\ldots}^{\infty} \varphi_m = \frac{\varphi_3}{3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19).$$

Mit dem so erhaltenen Temperaturverlauf im Stein zu Beginn der Gasperiode

$$t_0 = \varphi(r)$$

wurde dann die Temperatur t_1 am Ende der Gasperiode nach Gl. (4) berechnet.

Die Prüfung von Gl. (6) gibt eine Probe für die Genauigkeit der Lösung, s. Zahlentafel 2.

Setzt man in Gl. (3) den Wert von $\varphi(r)$ der Zahlentafel 1 ein und setzt man $r = b = 3$, so erhält man den

Zahlentafel 2. Prüfung von Gl. (6)

$$u_0 - t_r^{z\,=\,0} = t_{\sqrt{b^2-r^2}}^{z\,=\,z_1} - v_0$$

r	0	1,5	3
$u_0 - t_r^{z\,=\,0}$	0,319	0,692	0,957
$t_{\sqrt{b^2-r^2}}^{z\,=\,z_1} - v_0$	0,319	0,696	0,955

Abb. 2
Temperaturverlauf im Stein am Anfang und Ende der Gasperiode (obere Linien über r, untere über x aufgetragen).

Abb. 3
Temperatur des Gases beim Austritt aus dem Überhitzer während der Gasperiode (obere Linie über z, untere über s aufgetragen).

in Zahlentafel 3 angegebenen Verlauf der Temperatur u_2 des Gases am Austritt aus dem Winderhitzer, abhängig von der Zeit z bzw. $s = \sqrt{2\,m\,z}$.

Zahlentafel 3
Gastemperatur am Austritt aus dem Winderhitzer

s	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
u_2	0,169	0,174	0,181	0,195	0,217	0,248	0,283	0,324	0,368	0,419	0,472

Abb. 2 und 3 zeigen diese Temperaturen über r und s bzw. x und z aufgetragen.

Die während eines Spiels ausgetauschte Wärme kann aus der Abkühlung des Gases oder aus der Erwärmung des Steines berechnet werden. Beachtet man, daß

$$\sqrt{2\,m\,z} = s, \quad \sqrt{2\,m\,z_1} = s_1, \quad m = \frac{\alpha_1}{w}$$

gesetzt wurde, so ergibt jene Rechnung

$$Q_{Sp} = W_1 \int_0^{z_1} (u_0 - u_2)\,\mathrm{d}\,z = \frac{w\,W_1}{\alpha_1} \int_0^{s_1} (u_0 - u_2)\,s\,\mathrm{d}\,s \quad . \; . \; . \; (20),$$

$$Q_{Sp} = \frac{w\,W_1}{\alpha_1} \cdot 1{,}336 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (20a).$$

Diese liefern mit

$$\sqrt{2\,n\,x} = r, \quad \sqrt{2\,n\,F} = b, \quad n = \frac{\alpha_1}{W_1}$$

$$Q_{Sp} = w \int_0^{F} (t_1 - t_0)\,\mathrm{d}\,x = \frac{w\,W_1}{\alpha_1} \int_0^{b} (t_1 - t_0)\,r\,\mathrm{d}\,r \quad . \; . \; . \; (21),$$

$$Q_{Sp} = \frac{w\,W_1}{\alpha_1} \cdot 1{,}332 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (21a).$$

Die gute Übereinstimmung der Werte nach Gl. (20a) und (21a) ist ein Beweis für die Richtigkeit unsrer Rechnung. Im Mittel kann also gesetzt werden

$$Q_{Sp} = 1{,}334\,\frac{w\,W_1}{\alpha_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (22).$$

Diese Formel gilt für 1° Unterschied der Eintrittstemperaturen von Gas und Wind. Ist die Gaseintrittstemperatur u_0 und die Lufteintrittstemperatur v_0, so ist die im betrachteten Winderhitzer während eines Spiels ausgetauschte Wärme

$$Q_{Sp} = 1{,}334\,\frac{w\,W_1\,(u_0 - v_0)}{\alpha_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (23).$$

Da im vollkommenen Winderhitzer während eines Spieles

$$Q_0 = W_1\,z_1\,(u_0 - v_0)\ \mathrm{kcal} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (24)$$

ausgetauscht werden könnten, so ist der wärmetechnische Wirkungsgrad des betrachteten Winderhitzers

$$\eta = \frac{Q_{Sp}}{Q_0} = \frac{w}{\alpha_1\,z_1}\,1{,}334 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (25).$$

Das Beispiel gilt für

$$\sqrt{2\,n\,F} = 3 \quad \text{oder} \quad \frac{F\,\alpha_1}{W_1} = 4{,}5 \quad . \; . \; . \; . \; . \; (2$$

und

$$\sqrt{2\,m\,z_1} = 2 \quad \text{oder} \quad \frac{\alpha_1\,z_1}{w} = 2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; (2$$

daraus folgt also

$$\eta = 0{,}667 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2$$

Dieser Wirkungsgrad ergibt sich für einen Wir erhitzer, bei dem die Wärmeleitung in der Tiefe des Stei sehr groß ist und die Bedingungsgleichungen (26) u (27) erfüllt sind.

Setzt man z. B. die Wärmeübergangszahlen für d Gas- und die Windperiode $\alpha_1 = 20$ kcal/m² °C h, den a die Stunde umgerechneten Wasserwert von Gas oder Wi $W_1 = W_2 = 5000$ kcal/h °C und den Wasserwert d Speichermaterials auf 1 m² Heizfläche $w = 20$ kcal/m², hat ein Winderhitzer mit der Heizfläche

$$F = 4{,}5\,\frac{W_1}{\alpha_1} = 4{,}5\,\frac{5000}{20} = 1125\ \mathrm{m}^2$$

bei der Dauer der halben Periode

$$z_1 = 2\,\frac{w}{\alpha_1} = 2\,\frac{20}{20} = 2\ \mathrm{h}$$

den oben berechneten wärmetechnischen Wirkungsgr von 66,7 vH. [B 1479]

John J. Thornycroft †

Am 28. Juni 1928 ist Sir John J. Thornycroft im Alt von 85 Jahren gestorben. Schon in jungen Jahren hat si der Verstorbene erfolgreich mit dem Bau von schnell Booten beschäftigt, und die kleine Werkstatt in Chiswi war der Anfang der weltbekannten Werft seines Name

Besonders durch den Bau von Torpedobooten für a Marinen der Welt, die wegen ihrer Geschwindigkeit A sehen erregten, ist Thornycroft bekannt geworden. D Grund legte er schon kurz nach Beendigung seines Studiu 1866 in Glasgow, als er in Chiswick die „Miranda", e 15 m langes Boot, baute, das die damals sehr beachte werte Geschwindigkeit von 18,5 Kn erreichte. Pionierarb leistete er in der Entwicklung des Schraubenantriebs, b sonders für Schrauben mit hohen Drehzahlen. Für sei Untersuchungen baute er sich eine eigene Schlepprin Auch in der Entwicklung der Wasserrohrkessel ist er fü rend gewesen. In späteren Jahren hatte er außerdem b sonderen Erfolg im Schnell- und Gleitbootbau.

Mehrere technische Abhandlungen stammen aus sein Feder. Als Mitglied der Institution of Civil Engineers e hielt er für seine Verdienste die Watt- und die George S phenson-Denkmünze. Die Institution of Naval Archite ernannte ihn 1889 zum stellvertretenden Vorsitzenden, u 1908 zum „honorary vice president". Im Jahre 1900 ve lieh die Universität Glasgow ihm die Würde eines Ehre doktors der Rechtswissenschaft, und im Jahre 1902 wur er geadelt. („Engineering" Bd. 126 (1928) Nr. 3260 S. 1 [N 1828] Ls

Betriebserfahrungen mit Elektrokarren

Von Dipl.-Ing. Friedrich Menking, Hamm i. Westf.

Gesichtspunkte beim Kauf — Organisation des Betriebes — Kosten — Ausbildung des Elektrokarrens — Ausbildung des Straßennetzes in den Fabriken — Wirtschaftlichkeit.

Gesichtspunkte beim Kauf

Ungeachtet der reichen Auswahl an Bauarten von Elektrokarren dürfte für den Anfang der gewöhnliche Tischkarren am besten zu verwenden sein. Dieser allein liegt dem Aufsatz zugrunde. Bei seiner Auswahl unter den Erzeugnissen verschiedener Firmen sind folgende Punkte abzuwägen:

1. Tischhöhe über dem Erdboden.
2. Bodenfreiheit, d. h. der Abstand von Flur bis Unterkante Batteriekasten. Ein herabgefallener Ziegelstein darf nicht bereits ein Hindernis sein.
3. Tischbreite. Diese muß der Breite der zu durchfahrenden Türen angepaßt und eher zu knapp als zu reichlich bemessen sein.
4. Geschwindigkeit.
5. Wendigkeit.
6. Genügender Spielraum für die Gummireifen.

Nach meiner Meinung werden zumindest bei rauherem Pflaster (Kopfsteinpflaster) die jetzigen Vollgummireifen zur Linderung der Stöße sogenannten Luftraum- oder gar mit Luft aufgepumpten Reifen Platz machen müssen. Beide erfordern jedoch mehr Spielraum, dem nicht alle Konstruktionen Rechnung tragen. Er läßt sich leicht erzielen, wenn man die Batterien in Richtung der Längsachse anordnet. Im übrigen sollte man zweckmäßig mit Rücksicht auf Personal, Wartung und Ersatzteile die einmal als richtig erkannte Lieferfirma beibehalten. Mir ist z. B. der Rampenabsturz eines Elektrokarrens bekannt, der als Ursache die entgegengesetzte Anordnung von Steuerungs- und Schalthebel an den Führerständen der von zwei verschiedenen Firmen stammenden Elektrokarren hatte.

Organisation des Betriebes

Man hat zu unterscheiden zwischen Fahrbetrieb und Wartung. Zum Fahren kann man billiges, ungelerntes Personal, unter Umständen sogar ältere Jugendliche, verwenden, während die Wartung unbedingt gelernte Handwerker erfordert.

Beim Streckenbetrieb wird der Karren von einer Zentralstelle Z nach der anrufenden Stelle A gesandt, dort beladen, entledigt sich seiner Last in B und kehrt wieder nach Z zurück. Mit dem Streckenbetrieb dürfte jedes Werk beginnen (zum Beispiel für Baustoffe). Nachteilig sind die Leerlauffahrten von Z nach A und von B nach Z; die Überwachung ist nicht einfach und der Ausnutzungsgrad ist verschieden.

Zu erstreben ist die Kreisfahrt. Der Elektrokarren durchläuft gewisse Strecken zu bestimmten Zeiten und bildet auf diese Weise ein fahrplanmäßiges Fördermittel. Bei größeren Werken bringt die Kreisfahrt erhebliche Ersparnisse durch Belieferung der Betriebe mit täglichen Bedarfsartikeln, wie Fett, Öl, Putzwolle usw.

Ihre Anwendung auf die Erzeugnisse hängt von den Verhältnissen ab. Schließlich wird sich jede Abteilung, die einen Elektrokarren voll auszunutzen vermag, einen eigenen halten und nur nach Schichtschluß zur Wartung in den Schuppen senden.

Wartung

Die Wartung ist von äußerster Wichtigkeit. Hierzu gehört das tägliche Laden der Batterien nebst Auffüllung mit Akkumulatorensäure und destilliertem Wasser nach Schichtschluß und das Ausbessern sämtlicher eintretenden Schäden. Will man diesen vorbeugen, so ist zumindest allmonatlich eine regelmäßige Untersuchung der Elektrokarren notwendig, die streng innegehalten werden muß, wenn sie ihren Zweck nicht verfehlen soll.

Etwa vom vierten Elektrokarren ab lohnt sich ein eigener, auf Zuwachs berechneter Schuppen mit einem Elektroschlosser als Wärter. Dieser hat die Verantwortung über die Karren, insbesondere Zustand, Ladung, Ausbesserung und Ausgabe an das Fahrpersonal. Zweckmäßig soll man ihm die Ausbesserecke gleich im Schuppen einrichten.

Abb. 1
Fahrstrecke und Kosten von je einem Elektrokarren für Fahrt auf Kopfstein- und Betonpflaster (1926).

Kosten des Elektrokarrenbetriebes

Im folgenden sei die Jahresschlußrechnung eines größeren Werkes für 1926 verzeichnet. Als Werteinheit wurde $\mathcal{RM}$/km gewählt. Der theoretisch richtigere Wert $\mathcal{RM}$/tkm wurde fallen gelassen, da bei wertvollerer Ware bereits der nicht vollbelastete Karren wirtschaftlich sein kann und außerdem der Einbau von genügend breiten Zentesimalwaagen für den Karren allein zu kostspielig geworden wäre. Der Bilanz liegen vier Elektrokarren von je 1500 kg Tragfähigkeit zugrunde; drei davon liefen vorwiegend auf Kopfsteinpflaster (Rechtkantsteine von 15 bis 20 cm Kantenlänge und leichter Wölbung in der Mitte), der vierte auf Betonpflaster. Die allmonatlich getrennt ausgeführten Aufzeichnungen wurden am Jahresschluß zusammengezogen, vergl. Zahlentafel 1 und Abb. 1.

In Zahlentafel 1 ist die fast mathematische Übereinstimmung der Betriebstunden und der Kilometerzahl in Spalte 1 und 2, die sich beim Auswerten herausstellte, zu beachten. Die von Zeile 6 ab beginnenden Kosten enthalten keine Zuschläge. Verzinsung und Abschreibung sind mit 20 vH des Anlagekapitals von im Höchstfalle 4000 $\mathcal{RM}$ für einen Elektrokarren eingesetzt.

Die Zahlen in der senkrechten Spalte 2 sind mit 4/3 erweiterte Werte, da die Aufzeichnungen drei Monate später begannen. Hierbei wurde der vorhin erwähnte Zufall der Gleichheit zwischen Betriebstundenzahl und Kilometerzahl angewandt; in Wirklichkeit war die Kilometerzahl eher noch größer, mithin das Gesamtergebnis der Auswertung ebenfalls günstiger. Die Störungen im Betrieb, Zeile 3, sind erheblich geringer als unter Sp. 1, was auf die glatte Betonstraße zurückzuführen ist. Daß der Betrieb nach Sp. 2 keine Kosten für neue Batterien, dagegen erhebliche Kosten für Reifen ergab, ist Zufall, der sich durch die Art der Verteilung auf mehrere Monate erklärt.

Abb. 1 stellt die Ergebnisse von Zahlentafel 1 nochmals schaubildlich dar: Auf der Abszisse sind die Kilometer, auf der Ordinate die Kosten in ℛℳ/km aufgebaut; die Fläche ergibt dann die Gesamtkosten. Bei Planimetrierung der Fläche erkennt man, daß der Betrieb auf Betonpflaster wegen der größeren Wegstrecke etwas höhere Gesamtkosten hat, anderseits aber, auf 1 km gerechnet, erheblich billiger gearbeitet hat als der Betrieb auf Kopfsteinpflaster.

Folgerungen

Bei Erhöhung der Kilometerzahl je Zeiteinheit machen sich allein die „festen Kosten", Abb. 1, besser bezahlt; die „beweglichen Kosten" dagegen steigen oder fallen verhältnisgleich mit ihnen. Eine Senkung der beweglichen Kosten ist daher nur möglich durch zweckmäßigere Ausbildung von Elektrokarren und Straßennetz.

Zahlentafel 1
Jahresbilanz für Elektrokarren

		1 Mittel von 3 Karren. Kopfsteinpfl.	2 Betonpflaster
1	Betriebstunden . . . . . . h	1317	2490
2	Zurückgelegter Weg . . . km	1318	2490
3	Störungen im Betrieb	18	3
4	Stromverbrauch insges. kWh	3369	4615
5	Akkumulatorensäure . . . kg	43	43
	Kosten (abgerundet):		
6	Verzinsung und Abschreibung ℛℳ	774	720
7	Stromkosten . . . . . „	117	162
8	Akkumulatorensäure . . „	6	6
9	Ladelöhne . . . . . . „	244	214
10	Führerlöhne . . . . . „	722	1368
11	Ausbesserung		
a	Mechan. Werkstatt, Löhne . . . . . . „	54	68
b	Mechan. Werkstatt, Werkstoff . . . . . „	32	9
c	Elektr. Werkstatt, Löhne . . . . . . „	147	237
d	Elektr. Werkstatt, Werkstoff . . . . . „	221	141
12	Neue Batterien . . . . „	586	—
13	Neue Reifen . . . . . „	129	380
14	Summe der Kosten ℛℳ	3032	3305
15	Einheitskosten ℛℳ/km	2,30	1,33

Ausbildung des Elektrokarrens

Das rauhe Pflaster, Sp. 1, in Zahlentafel 1 und Abb. 1, äußert sich in raschem Verschleiß und nicht seltenen Brüchen von Federn, Gestänge, Hebeln und sonstigen Fahrgestellteilen. Die Meisterung dieser Übelstände durch den Konstrukteur ist in absehbarer Zeit zu erwarten. Einen wunden Punkt bilden die Batterien wegen ihrer Stoßempfindlichkeit und Kostspieligkeit. Selbst bei sorgfältiger Pflege und Überwachung durch auswärtige Fachhandwerker dürfte zur Zeit ihre Lebensdauer nicht mehr als 1 bis 2 Jahre betragen. Da bei einem Elektrokarren von 1,5 t Traglast die Großoberflächenbatterie mit zweimal 20 Zellen rd. 1400 ℛℳ kostet, bedeutet das eine beträchtliche Vorbelastung des Elektrokarrenbetriebes. Die wirksamste Hilfe hiergegen liegt in der richtigen

Abb. 2 und 3
Entwicklung der Rampenauffahrten

Abb. 4
Wucht der Pendeltür

Abb. 6 und 7
Türöffnen unter Vereinigung von Bügeln und Rollen
a Steuerhebel *c* Blech
b Schalthebel *d* Rolle

Ausbildung des Straßennetzes.

Die Straßen sind, wenn irgend möglich, g l a t t auszuführen (Beton, Eisenplatten oder dergl.). Mit falscher Sparsamkeit erreicht man nur, daß man dasselbe Geld später unfruchtbar für erhöhte Ausbesserungen der Elektrokarren ausgeben muß. Gleise erfordern Zwangsschienen. Packlagenstraßen bestehen aus einer Mischung von zerkleinerten Schamottesteinen, Steinsplitt und Kesselasche, 15 cm dick, hinterher festgewalzt; sie haben sich gegen vereinte Angriffe von Feuchtigkeit, Frost und insbesondere Flächendruck der Reifen nicht zu behaupten vermocht.

Innerhalb der Hallen ist der Boden meist glatt, jedoch sind für den Elektrokarrenbetrieb häufig Gleise mit Eisenbahnwagen hinderlich (Versperrung, schwieriges Überkreuzen). Neuerdings sucht man die Gleise ganz auszumerzen, worauf an dieser Stelle nicht eingegangen werden kann.

Rampenauffahrten

Der Betriebsweg des Elektrokarrens möge von der Rampe *a* über die Auffahrt *b* in Richtung *c* verlaufen, Abb. 2 und 3. Während in Abb. 2 die Auffahrt eine einfache Fortsetzung der Rampe als schiefe Ebene ist, paßt sie sich in Abb. 3 der neuen Richtung an und erhebt sich außerdem auf der Außenseite so weit, daß das Rad P', Q' und R' mindestens so hoch liegt, wie P, Q und R, besser noch 2 bis 3 cm höher. Zweckmäßig vermeidet man noch die Kanten d und d'. Als Steighöhe für die Auffahrt ist 1 : 12 empfehlenswert.

Pendeltüren

Für lebhaften Verkehr sind nur doppelflüglige, nach beiden Seiten zu öffnende Pendeltüren brauchbar; sie allein ermöglichen ein Öffnen und Schließen ohne zweimaliges Absteigen des Führers. Hier wird man anfangs dauernd Störungen erleben, z. B. ein Schleifen der Türen, Brechen der Fitschen usw. Um Elektrokarren und Pendeltür in ihrer Wucht aufeinander abzustimmen, stelle man unter Vernachlässigung des Anfahrstoßes, der nur durch Geschwindigkeitsverminderung behoben werden kann, folgende Betrachtung an:

Die Wucht eines sich um eine Achse *aa* drehenden Körpers, Abb. 4, beträgt[1]):

$$L = I_a \frac{\omega^2}{2}$$

$$= (I_s + m\,e^2)\frac{\omega^2}{2}$$

$$= \left(\frac{m\,b^2}{12} + m\,e^2\right)\frac{\omega^2}{2}$$

$$L = \frac{b^2}{6}\,m\,\omega^2.$$

[1]) „Hütte" Bd. 1 (1925) S. 188, 222, 228.

Abb. 5
Eingriff bei Rahmenwölbung ohne Türrollen.

Abb. 8
Eingriff bei Bügeln und Türrollen

Hierin bedeutet

I_a das Trägheitsmoment, bezogen auf die Achse aa,
I_s das Trägheitsmoment, bezogen auf die Schwerachse ss im Abstand e von aa,
m die Masse,
ω die Winkelgeschwindigkeit.

Zur Verringerung der Wucht sind also m und ω möglichst klein zu halten. Bei m geschieht dies durch Anwendung eines leichteren Werkstoffes. Wichtiger, da im Quadrate vorkommend, ist die Kleinhaltung der Winkelgeschwindigkeit.

Bei einer gewöhnlichen zweiflügeligen Pendeltür und einem Karren mit schwacher Rahmenwölbung auf der dem Führerstand entgegengesetzten Seite, Abb. 5, findet der Eingriff auf der Strecke $E\ E'\ E''$ mit teilweise bedenklich kurzem Hebelarm statt. Zur Feststellung der wechselnden Türgeschwindigkeit V in Abhängigkeit von der gleichmäßigen Geschwindigkeit des Karrens v untersuchen wir die Geschwindigkeit des Punktes P_x in einer beliebigen Stellung $\frac{MP_x}{ME_x}$. In E_x wirkt die Komponente k in Drehrichtung; multipliziert man diese mit dem Halbmesserverhältnis MP, so ist damit die Geschwindigkeit V_x des Punktes P_x gegeben. Diese werde außerhalb des Umfanges PP'' aufgetragen, dann erhält man in der schraffierten Fläche die jeweilige Größe von V.

Eine zweckmäßigere Ausführung zeigen Abb. 6 und 7 mit vorspringenden Rollen an der Tür und langgestreckten Bügeln beiderseits am Karren. Steuerungs- und Schalthebel a und b müssen zur Vermeidung von Handverletzungen innerhalb des Bügels liegen; das Blech c verhindert ein seitliches Einhaken. Der Eingriff findet stets mit dem Hebelarm MR (praktisch gleich der Türlänge) auf dem Halbkreis RR'' statt, Abb. 8; die Auffindung der Geschwindigkeitsfläche ist entsprechend einfacher. Die großen Vorteile der Geschwindigkeitsfläche nach Abb. 8 liegen gegenüber derjenigen von Abb. 5, in den geringeren Abmessungen, der fehlenden Aufbauchung und der gleichmäßigen Verjüngung.

Wirtschaftlichkeit

Die Ersparnisse durch den Elektrokarrenbetrieb sind gleich den Kosten der vorhergehenden Beförderung vermindert um die Kosten der Karrenförderung. Eine Ermittlung für unser Beispiel müßte sich auf jede einzelne Fahrt erstrecken und würde zu weit gehen. Allgemein kann man sagen: Die Erwartungen, die man hegte, als die Elektrokarren einige Jahre nach Kriegsende erstmalig in größerer Zahl auftauchten, haben sich nicht restlos erfüllt, schon aus dem Grunde, weil der Elektrokarren stets in zweiter Linie in Betracht kommt, der Betrieb dagegen an erster Stelle steht. Demgegenüber stehen außerordentliche Vorteile, deren Wert durch die Geldersparnisse nicht voll erfaßt wird, nämlich Schnelligkeit, Wendigkeit, mehr Unabhängigkeit vom Personal und damit Verbindung aller, auch der ungünstigst gelegenen Werkpunkte durch nur ein Fördermittel. Bei richtiger Anwendung steht also die Wirtschaftlichkeit des Elektrokarrens außer allem Zweifel. [B 1492]

Temperaturfeld und Wärmespannungen in mechanisch abgebremsten Scheiben[1])

Von Dr.-Ing. K. Requa, Sterkrade

Bei der Behandlung dieses Problems sind die Abmessungen der Scheibe und des Bremsklotzes, die Stoffwerte und der zeitliche Verlauf des Bremsvorganges gegeben. Es gilt, die in der Zeiteinheit durch Abbremsen in Reibungsarbeit umgewandelte lebendige Kraft in Abhängigkeit von der Zeit festzulegen, ferner das dieser Funktion entsprechende Temperaturfeld der Scheibe zu berechnen und endlich das Spannungsfeld zu ermitteln.

Die Mannigfaltigkeit der Aufgabe kann man durch folgende Voraussetzungen oder zulässige Annahmen einschränken: Bremsklotz und Scheibe sind gleich breit; Lagerreibung und sonstige Streuflüsse werden vernachlässigt. Die Seitenflächen der Scheibe sind über einen größeren Bereich an der Stirnfläche parallel; die Temperatur vor Beginn des Bremsens ist konstant; die Felder in verschiedenen Meridianen sind gleich und bilden sich im wesentlichen in einer Randzone aus, deren Tiefe klein gegenüber Halbmesser und Breite der Scheibe ist; der Scheibenrand ist spannungsfrei.

Für den Bremsvorgang ist die Scheibe als starrer Körper anzusehen, so daß aus der dynamischen Grundgleichung und der Reibungstheorie unmittelbar die Beziehung zwischen Arbeit L, Zeit t und Bremsfunktion S folgt:

$$\text{konst}\ \frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} = S(t)\,.$$

Bei den getroffenen Vereinfachungen kann man rechtwinklige geradlinige Koordinatensysteme mit den unabhängigen Koordinaten in Richtung des Halbmessers x, der Breite y bzw. der Zeit t zugrunde legen. Im Wärmeproblem gilt dann mit der Übertemperatur T und der Temperaturleitfähigkeit a die partielle Differentialgleichung (vergl. „Hütte“ 25. Aufl. Bd. 1 S. 447)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\,\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\,.$$

Dazu treten die Randbedingungen:

$$\left|\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0} = -S(t) \qquad |T|_{x=\infty} = 0$$

$$|T|_{t=0} = 0 \qquad |T|_{t=\infty} = \text{konst.}$$

Bei Ermittlung der Spannungen ist zu beachten, daß der ebene Formänderungszustand vorliegt. Die Gleichungen für die Spannungskomponenten (vergl. A. Föppl, Vorlesungen über technische Mechanik Bd. 5 S. 238) lassen sich daher durch eine Spannungsfunktion F zusammenfassen, für die die Gleichung gilt

$$\left(\nabla = \frac{\delta^2}{\delta_x{}^2} + \frac{\delta^2}{\delta_y{}^2} = \text{Laplacesche Operation}\right):$$

$$\nabla\nabla F = \frac{p}{N}\,,$$

in der

$$p = \nabla T\,, \qquad \nabla = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

und N ein Stoffwert ist. Aus der Plattentheorie ist die Zerlegung dieser partiellen Differentialgleichung 4. Ordnung in die partiellen simultanen Gleichungen 2. Ordnung

$$\nabla M = p\,, \qquad \nabla F = \frac{M}{N}$$

bekannt, und die Randbedingungen lauten:

$$|M|_{x=\infty} = 0 \qquad \left|\frac{\partial M}{\partial y}\right|_{y=0} = 0 \qquad |M|_{y=B} = 0$$

$$F|_{x=0} = 0 \qquad |F|_{x=\infty} = 0 \qquad \left|\frac{\partial F}{\partial y}\right|_{y=0} = 0 \qquad |F|_{y=B} = 0$$

$$\left|\frac{\partial F}{\partial x}\right|_{x=0} = 0\,.$$

[1]) Auszug aus der als Heft 301 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin 1928, VDI-Verlag, erschienenen Arbeit.

Damit ist die Aufgabe mathematisch erfaßt. Der Auflösung dieser Gleichungen stellen sich jedoch noch Schwierigkeiten entgegen.

Beim Wärmeproblem ist das Grundgebiet der Differentialgleichung der unendliche Ebenenquadrant. Dieser ist mit Rücksicht auf die spätere Auswertung zunächst auf einen unendlichen Ebenenhalbstreifen abzubilden. Mit der Abbildungsfunktion

$$Y = e^{-\frac{t}{Y_0}},$$

worin Y_0 eine Konstante ist, geht die Differentialgleichung[6] über in

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = -\frac{Y}{\alpha Y_0}\frac{\partial T}{\partial Y},$$

wobei den Grenzen $Y=1$ und 0 die Werte $t=0$ und ∞ entsprechen.

Unter Benutzung der Greenschen Funktion ergeben sich hieraus die beiden simultanen totalen Differentialgleichungen

$$\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,Y} - 2\,h\,\frac{u}{Y} = 0$$

$$\frac{\mathrm{d}^2 R}{\mathrm{d}\,x^2} - \frac{2\,h+1}{\alpha\,Y_0}\,R = 0\,.$$

In diesen bedeuten h eine noch näher zu bestimmende Konstante, u und R Funktionen, die den angegebenen Differentialgleichungen genügen. Zwischen ihnen und der Temperatur besteht die Gleichung

$$R = \int_0^1 u\,T\,\mathrm{d}\,Y$$

mit den Randbedingungen

$$[Y\,u]_0 = 0, \quad \left[\frac{\mathrm{d}\,R}{\mathrm{d}\,x}\right]_0 = -\int_0^1 u\,S(Y)\,\mathrm{d}\,Y, \quad [R]_\infty = 0\,.$$

Bei dem nun erfolgenden Übergang zur Differenzenrechnung ist zunächst

$$\frac{\Delta_s\,u}{\Delta\,Y} - 2\,h\,\frac{u_s}{Y_s} = 0\,,$$

ferner sei

$$\Delta\,Y = \frac{1}{s_0}, \quad Y_s = \frac{s}{s_0},$$

wobei die Werte $s=0$ und $s=s_0$ den Grenzen $Y=0$ und $Y=1$ zugeordnet sind; nach Einsetzen ergibt sich

$$u_{\frac{2s+1}{2}}\left(1-\frac{h}{s}\right) = u_{\frac{2s-1}{2}}\left(1+\frac{h}{s}\right).$$

Durch Rekursion folgen, wenn man zusammengehörige Werte durch Zeiger i einander zuordnet,

$$h_i = 0 \qquad u_{s,0} = 1$$

$$h_i = 1 \qquad u_{s,1} = s^2$$

und weitere Wertegruppen $u_{s,i}$, solange $h_i \leq s_0$, so daß im ganzen s_0+1 Gruppen mit je s_0+1 Gliedern auftreten. Ferner ist mit der Abkürzung

$$K_i = 1 + \frac{2\,h_i+1}{2\,\alpha\,Y_0}\,\Delta\,x^2$$

die der zweiten totalen Differentialgleichung entsprechende Differenzengleichung

$$R_{r+1,i} - 2\,K_i\,R_{r,i} + R_{r-1,i} = 0$$

mit der Lösung

$$R_{r,i} = k_i\,l_i^{r+1},$$

wobei die Abkürzungen gelten:

$$l_i = K_i - \sqrt{K_i^2 - 1}$$

$$k_i = \frac{2\,\Delta\,x}{1-l_i^2}\left(\sum_{s=1}^{s_0-1} u_{s,i}\,S_s + \frac{1}{2}\,u_{0i}\,S_0\right).$$

Schließlich entspricht der angegebenen Beziehung die Summengleichung

$$R_{r,i} = \frac{1}{2}\,u_{0,i}\,T_{r,0} + \sum_{s=1}^{s_0-1} u_{s,i}\,T_{r,s}\,,$$

die ein System linearer Gleichungen bildet, dessen Auflösung die gesuchten Temperaturen ergibt.

Die grundsätzlich gleiche Behandlung führt auch bei den Spannungen zum Ziel.

Die praktische Anwendung auf eine große Ilgnerscheibe zeigt folgendes Beispiel:

Scheibendurchmesser . . .	4,200 m
Scheibenbreite	0,600 „
Schwungmoment	800 000 kg m²
Anfangsdrehzahl	400 U/min
Bremszeit	136 s.

Stoffwerte nach den Taschenbüchern. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Zahlentafeln zusammengestellt.

Zahlentafel 1

Temperaturen in °C

Tiefe cm	Zeit in s: 0	27	61	104	165
0	0	27	86	128	99
2	0	7	36	77	85
4	0	2	14	40	62
10	0	0	1	4	13
20	0	0	0	0	0

Zahlentafel 2

Spannungen in kg/cm²

Spannung	Tiefe cm	Mitte	1/3 Breite	2/3 Breite	Rand
σ_x	0	0	0	0	0
	2	5	9	33	(0)
	4	19	32	90	(0)
	10	90	120	(220)	(0)
σ_y	0	— 3400	— 3300	— 2600	0
	2	— 1700	— 1600	— 1100	0
	4	— 480	— 400	— 140	0
	10	550	550	(440)	0
σ_z	0	— 4100	— 4100	— 3800	— 3000
	2	— 2300	— 2300	— 2100	— 1800
	4	— 1100	— 1100	— 1000	— 960
	10	100	110	(110)	(— 90)
τ	0	0	0	0	0
	2	0	— 67	— 240	0
	4	0	— 110	— 330	0
	10	0	— 135	(— 250)	0

Damit ist gezeigt, daß in großen, mechanisch abgebremsten Scheiben erhebliche Wärmespannungen auftreten können, die Beachtung verdienen, da sie in ungünstigen Fällen in der Nähe der Stirnfläche die Elastizitätsgrenze überschreiten und bleibende Formänderungen hervorrufen.

Scheint auch die Rechnung zunächst langwierig, so lehrt doch ein Rückblick, daß sich die einzelnen Schritte logisch aneinanderreihen. Für die zahlenmäßige Auswertung, die an sich sehr übersichtlich bleibt, ist es gerade ein Vorteil der Differenzenrechnung, daß sie erste Näherungen mit einem geringen Aufwand an Rechenarbeit liefert und gestattet, durch Vermehren der Spannenzahl die Genauigkeit auf das gewünschte Maß zu steigern.

In den letzten Jahren hat man verschiedentlich auf die Brauchbarkeit der Differenzenrechnung zur Lösung technischer Aufgaben hingewiesen, doch hat sie sich bisher nicht recht einbürgern können. Diese Studie ist ein neuer Beweis für ihre Brauchbarkeit zum Erzwingen der Lösung schwieriger technischer Aufgaben. Das Verdienst, auf die vorstehend entwickelten Methoden in einer für den Ingenieur bestimmten Arbeit zuerst aufmerksam gemacht zu haben, gebührt Marcus. (Die Theorie elastischer Gewebe und ihre Anwendung auf die Berechnung biegsamer Platten, Berlin 1924, Julius Springer.) In dieser Arbeit tritt der mathematische Charakter nicht so deutlich hervor, daß das Verfahren ohne weiteres auf andere Aufgaben übertragen werden könnte. [N 1412]

RUNDSCHAU

Luftfahrt

Virtschaftlichkeit des Luftverkehrs

Die Bedeutung des Luftverkehrs im Wirtschaftsleben heute im Vergleich zu seinen technischen Erfolgen noch hältnismäßig klein[1]). Die private Wirtschaft hat sich ier nur in geringem Maß an ihm beteiligt. Während in den en zehn Jahren der Entwicklung der Eisenbahnen seiner-allein in Deutschland etwa 1,1 Milliarde RM, in England Milliarden und den Vereinigten Staaten von Amerika Milliarden darin angelegt wurden, betragen die in den 'tverkehrsgesellschaften Deutschlands, Englands und nkreichs steckenden Kapitalien heute nicht mehr als a 60 Mill. RM, einschließlich der Anlagekosten für Flug-en und Bodenorganisationen kaum mehr als 250 bis Mill. RM. Gegenüber den Mitteln, die für die militärische tfahrt in den ausländischen Staaten ausgegeben werden, en die Zuwendungen für die Verkehrsluftfahrt in den tergrund.

Dies alles geschieht, obwohl ganz anders als zur Zeit Schaffung des Eisenbahnnetzes in allen wirtschaftlich hstehenden Ländern der Erde ein starker Verkehr mit m dringenden Bedürfnis nach Verkehrsbeschleunigung eits vorhanden ist und der Luftverkehr durchaus im-nde erscheint, dieses Bedürfnis zu befriedigen. Er be-t zwei große Vorteile, betriebliche Einheit des Ver-rs über Länder und Meere und hohe Reisegeschwindig-en, etwa 150 km gegen 60 bis 80 km Geschwindigkeit Schnellzügen im Hügel- und Flachland. Allerdings d infolge der oft weiten Entfernung der Flughäfen den Städten (bis 16 km) die Zeitersparnis vermindert. Berücksichtigung dieser Verluste liegt für den Expreß-verkehr etwa bei 250 km und für den Personenverkehr 350 km die Grenze, bei der eine merkliche Überlegen-des Flugdienstes gegenüber der Eisenbahn hinsichtlich Schnelligkeit beginnt. Für Gegenden mit unentwickelten kehrsmitteln oder für abwechselnd über Land und See ende Strecken verschieben sich diese Entfernungen; die teile des Luftverkehrs werden dann bedeutend größer[2]). nauft werden diese Vorzüge durch zwei Nachteile: großer ftbedarf und geringe Massenleistung. Für die Beförde-g einer Tonne Gesamtgewicht sind notwendig:

der Wasserstraße mit einer eschwindigkeit von 5 km/h .	eine Zugkraft von 1 kg
der Wasserstraße mit einer eschwindigkeit von 9 km/h .	„ „ „ 2,5 „
der Eisenbahn mit einer Ge-hwindigkeit von 60 km/h . .	„ „ „ 4 „
Kraftwagen mit einer Ge-hwindigkeit von 40 km/h . .	„ „ „ 15 „
Flugzeug mit einer Geschwin-igkeit von 150 km/h	„ „ „ 150 „.

Die Verkehrsdichte muß im Vergleich zu andern Ver-ehrsmitteln schon deshalb gering sein, weil die Zahl der zeuge, die von einem Flugplatz in einer bestimmten abfliegen können, beschränkt ist. Für den Massenver-el kommt deshalb das Flugzeug seiner technischen Eigen-nach nicht in Frage.

Die Ausdehnung des Luftnetzes ist aus technischen nden heute noch auf das Festland und die Binnenmeere Ostsee, Mittelmeer usw.) beschränkt. Der Flugbereich jetzigen Flugzeuge gestattet nicht, die Ozeane mit ge-nder Sicherheit und größerer Nutzlast zu überqueren. en Anforderungen kann vorläufig nur das Luftschiff gen, es vermag auch Strecken von mehreren 1000 km erheblicher Nutzlast ohne Betriebstoffergänzung zu hfliegen. Immerhin ist der Ausbau des Luftnetzes in Reihe von Staaten weit genug vorgeschritten, um einen eren Verkehrsbereich zu erfassen. Die Gesamtlänge planmäßig beflogenen Strecken betrug:

	Jahr	km
In Deutschland	1927	28 100
„ England	1926	2 147
„ Frankreich	1926	12 862
„ den Vereinigten Staaten .	1927	12 000
„ Italien	1926	3 844
„ Rußland	1926	5 998
„ Holland	1926	2 731
„ der Schweiz	1926	2 564
„ Schweden	1926	1 937

Die Regelmäßigkeit des Verkehrs schwankte zwischen 89 bis 93 vH, bedarf also noch einer weiteren Verbesserung; die Betriebsicherheit ist befriedigend.

Alles in allem hat die technische Leistungsfähigkeit des Luftdienstes also eine ziemlich hohe Stufe erreicht. Seiner Entwicklung hinderlich sind jedoch die hohen Selbstkosten. Im Jahre 1926 betrugen im deutschen, englischen, französischen und amerikanischen Luftverkehr:

	Vereinigte Staaten	Deutschland	England	Frankreich
die mittlere Tragfähigkeit der Flugzeuge	520	500	800	415 kg
die Selbstkosten für 1 Flug-km	3,20	3,35	4,20	3,25 RM
die Selbstkosten für 1 tkm	6,15	6,90	5,25	7,65 „

Diese Kosten gelten bei voller Ausnutzung der Tragfähigkeit. In Wirklichkeit wird diese Auslastung aber nicht erreicht, und dadurch tritt eine weitere Erhöhung der Kosten ein. Die tatsächliche Auslastung bei den verschiedenen Luftverkehrsgesellschaften schwankte in den letzten Jahren etwa von 40 bis 60 vH; beträgt sie im Mittel 50 vH, so sind die oben angegebenen Zahlen zu verdoppeln, und die wirklich eintretenden Selbstkosten erhöhen sich auf etwa 10,50 RM bis 15,30 RM für 1 tkm, oder für 1 Personen-km (ohne Reisegepäck) auf 0,84 bis 1,22 RM[3]). Gegenüber den Eisenbahntarifen, in Deutschland 0,05 RM für 1 Personen-km in der 3. Klasse, 0,108 RM für 1 Personen-km in der 1. Klasse ohne Schnellzugzuschlag, sind die Kosten des Luftverkehrs also außerordentlich hoch. Auf fast allen Luftverkehrslinien kann deshalb nur ein Teil der Ausgaben durch eigene Einnahmen gedeckt werden. Im Jahre 1926 entfielen von den gesamten Einnahmen auf:

	Vereinigte Staaten vH	Deutschland vH	England vH	Frankreich vH
Staatliche Beihilfen	37	70	59	67,7
Sonstige Deckungen	17	15,7	4	17,8
Verkehrseinnahmen	46	14,3	37	14,5

Die verhältnismäßig bessere Deckung der Unkosten in den Vereinigten Staaten und England im Vergleich zu Frankreich und Deutschland beruht darauf, daß infolge der allgemein besseren wirtschaftlichen Verhältnisse und der günstigeren geographischen Vorbedingungen für den Luftverkehr (größere Entfernungen, durchgehende Land- und Wasserstrecken wie Paris – London) die Tarife höher angesetzt werden konnten. So beträgt in England der Fahrpreis der Fluggäste für 1 Personen-km 0,20 bis 0,27 RM, in den Vereinigten Staaten 0,34 RM, in Deutschland 0,14 RM. Einen Ausgleich der Ausgaben und Einnahmen kann vorläufig nur der Postverkehr ergeben. In Deutschland z. B. beläuft sich der Tarif für Luftpostbriefe bis 20 g auf 0,25 RM. Das wäre, für eine mittlere Entfernung von 500 km gerechnet, 25 RM für 1 tkm[4]).

Die Zerlegung der Selbstkosten im Flugverkehr zeigt einen hohen Anteil der Abschreibungen und der Unterhaltung der Flugzeuge. Für ein größeres Luftverkehrsnetz verteilten sich die Kosten folgendermaßen:

Zubringerdienst	4,3 vH
Unterhaltung der Flugzeuge	19,5 „
Betriebstoff	14,2 „
Führer- und Flugprämien	8 „
Sonstige veränderliche Kosten . . .	6,8 „
Zinsendienst für Betriebsmittel . . .	2,8 „
Zinsendienst für Flughäfen	3,6 „
Abschreibungen usw.	25,8 „
Zentrale Verwaltung	7,2 „
Flugleitung und Flughafen	7,8 „ .

Trotz dieser vorläufig sehr ungünstigen Verhältnisse kann nach einer Arbeit von Dir. O. Merkel, Deutsche Luft-Hansa A.-G.[5]), im Verlauf der nächsten 5 bis 10 Jahre eine Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs erwartet werden. Mehreren Gesellschaften ist es bereits gelungen, die oben genannten Selbstkosten von 5,25 bis 7,65 RM/tkm herabzudrücken und den Anteil der eigenen Einnahmen zu erhöhen. Bei der Deutschen Luft-Hansa betrugen im Jahre 1927 die Selbstkosten etwa 5 RM/tkm, die eigenen Einnahmen ungefähr 30 vH davon. Die französischen Gesellschaften Air Union und Société Générale de Transport Aérien hatten Selbstkosten von 4,45 und 3,72 RM/tkm. Vor allem sind die Fortschritte, die jährlich in Richtung einer Senkung der

[1]) Vergl. Pirath, „Technik und Wirtschaft" Bd. 21 (1928) S. 85.
[2]) Z. d. Instituts für Verkehrswissenschaft der Universität Köln . (1927) S. 72.

[3]) Vergl. dazu auch: Illustrierte Flugwoche Bd. 10 (1928) S. 43.
[4]) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 145 u. f.
[5]) „Aeronautica", Amsterdam, Bd. 2 (1928) S. 33.

Selbstkosten erzielt werden konnten, zum Teil überraschend groß. Die englische Gesellschaft Imperial Airways Ltd. konnte ihre Selbstkosten 1926 bis 1927 gegenüber dem vorhergehenden Jahre um 21 vH senken. Die holländische Gesellschaft Koninklijke Luchtvaart Maatchappij hatte seit 1922 folgende Selbstkosten:

1922	8,06 RM
1923	5,10 „
1924	3,79 „
1925	3,06 „
1926	2,24 „ .

Möglichkeiten, die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, sind zweifellos noch viele vorhanden: Ermäßigung der Anschaffungskosten für die Betriebsmittel, damit auch der Versicherungsssätze des gesamten Kapitaldienstes, Verbesserung der Flugzeuge und Motoren, so daß die Unterhaltung und Überholung vereinfacht wird, Steigerung der Einnahmen durch Anpassung des Betriebs an die Verkehrsbedürfnisse, und vermehrte Heranziehung von Frachten (Post), die höhere Beförderungskosten zu tragen in der Lage sind, bessere Ausnutzung der festen Anlagen durch Vergrößerung des Verkehrs, Verbindung von Tag- und Nachtbetrieb und andres mehr.

Flugzeug- und Motorentechnik, Betriebs- und Verk wissenschaft und nüchterne Einstellung auf den zu e tenden, bestimmte Grenzen wahrscheinlich nicht übers tenden Verkehrsumfang sowie die technisch bedi Eigenarten der Luftfahrt (weitmaschiges Liniennetz) den dabei zusammenwirken müssen, um das Ziel vollen Wirtschaftlichkeit zu erreichen. [N 1

Berlin-Karlshorst K. Ri

Förderanlagen

Anlage für Lokomotivbekohlung

Abb. 1 bis 4 zeigen die für die Betriebswerkstät Lübeck – Büchener Eisenbahn in Hamburg erbaute Lo tiv-Bekohlungsanlage. Die örtlichen Verhältnisse ergab vorteilhafteste Lösung eine Elektrohängebahn-Anlag Führerstand-Greiferlaufkatze. Hierbei wurde der ders anpassungsfähigen Unterflansch-Laufkatze der V gegeben. Die Aufgabe der Anlage besteht darin, Eisenbahnwagen ankommenden Kohlen aufzunehmen entweder den Kohlenbunkern oder dem Kohlenstapel führen. Bei dem Entwurf der Anlage, Abb. 1 bis 3, man besonders auf eine vorhandene Stützmauer Rüc nehmen, da diese zur Unterstützung der Portalstützen

Abb. 1 bis **3**
Lokomotivbekohlung m
Elektrohängebahn.

a Greiferkatze mit Führ
b Hauptbunker
c kleinere Meßbunker
d hochklappbare Füllsc
e Bühne zur Betätigun Bunkerverschlüsse ,
f Schmier- und Ausbess

Abb. 4
Lokomotivbekohlungsanlage in der Betriebswerkstätte der Lübeck—Büchener Eisenbahn.

sollte. Die Linienführung der Fahrbahn der Greiferkatze *a* verläuft einerseits über Mitte Abstellgleise über die zur Entladung kommenden Eisenbahnwagen, hierauf unter Einschaltung einer Krümmung von 4 m Halbmesser senkrecht zu der Stützmauer und dem Bekohlungsgleise zu den Kohlenbunkern und zum Kohlenlagerplatz. Auf eine spätere Verlängerung der Fahrbahn über das Wasser hin ist Rücksicht genommen.

Die Bunkeranlage setzt sich zusammen aus den vier Hauptbunkern *b* mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 94 m^3 oder 75 t Kohle, die durch Doppelrundschieber abgeschlossen werden. Unter diesen Bunkern sind vier kleinere Meßbunker *c* von 2,2 m^3 oder 0,7 m^3 Inhalt eingebaut, die aus den oberen Bunkern gefüllt werden und unter Einschaltung eines Rundschieberverschlusses mit hochklappbarer Füllschurre *d* ihren Inhalt an die Lokomotive abgeben. Je ein Zählwerk ermöglicht die Feststellung, wieviel Kohle insgesamt jede Lokomotive erhalten hat. Eine zwangläufige Verriegelung zwischen den Verschließklappen der Bunkerausläufe des Hochbunkers und der Meßbunker verhindert ein wechselseitiges, unbeabsichtigtes Schließen und Öffnen der Verschlüsse. Die Bunkerverschlüsse werden von der Plattform *e* aus betätigt.

Die Laufkatze hat 2000 kg Tragkraft. Bei Verwendung eines Zweiseilgreifers von 0,75 m^3 Fassungsvermögen wird mit diesem eine Leistung von 20 t/h Kohlen vom Lager zum Bunker und vom Eisenbahnwagen zum Lager erzielt. Die Hubgeschwindigkeit der Laufkatze beträgt etwa 20 m/min und die Fahrgeschwindigkeit 100 m/min. Der Entwurf und die Ausführung der Anlage stammen von der Firma Zobel, Neubert & Co., Maschinenfabrik, Schmalkalden.

Schmalkalden [M 1265] G. A. Geipel

Post-Förderanlagen

Die Reichspost hat die Notwendigkeit weitgehender Betriebsverbesserungen und -verbilligungen schon früh erkannt und ist in der Vereinfachung verschiedener Arbeitsvorgänge bahnbrechend vorwärtsgeschritten durch Normung und Typung vieler Betriebsgeräte und deren Anpassung an die zum Erreichen größter Leistung bei geringstem Kraftaufwand bestehenden Bedingungen[1]). Auf dem Wege der Betriebsmechanisierung durch Schaffung von Förderanlagen im Innern der Gebäude ist Bayern als Schrittmacher für andre Länder vorangegangen.

Zweck einer Mechanisierung ist meist, Ersparnisse zu erreichen. Solche sind immer und überall möglich, wo eine an sich gleichbleibende, aber in ihrer Folge regelmäßig wiederkehrende Arbeit geleistet werden muß. Für solche Vorgänge kann die bisher aufgewendete Menschenarbeit ersetzt werden durch Maschinenarbeit. Dies gilt besonders für alle Beförderungen von Gegenständen von einem Ort zum andern, wie dies in Postbetrieben sehr häufig der Fall ist, z. B. bei der Aufgabe von Paketen an der Außenseite des Gebäudes oder an den Annahmeschaltern. Für solche Arbeiten oder sonstige reine Transporttätigkeiten ist menschliche Kraft einfach und billig durch Maschinenkraft zu ersetzen.

Das gleiche gilt auch für die Sortier- und Ausscheidetätigkeit. Hier können bedeutende Betriebsersparnisse erzielt werden durch Verwendung geeigneter Förderanlagen dergestalt, daß ohne besonders anstrengende körperliche Arbeit und vor allem ohne zeitraubendes Hin- und Herlaufen des Personals von einer Zentralstelle die Sendungen sofort über geeignete Förderanlagen nach den einzelnen Zielpunkten geleitet werden[2]).

Besonders bei Anlagen dieser Art darf aber der eigentliche Zweck der Einrichtung, nämlich die Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes, nicht außer acht gelassen werden. Selbstverständlich muß man für die Wirtschaftlichkeitsrechnung eine angemessene Abschreibungszeit, die nur selten mehr als 5 Jahre betragen wird, zugrunde legen.

Je nach den örtlichen Verhältnissen, den Verkehrszahlen und je nach den vorhandenen Räumen, Gebäuden usw. wird man zu entscheiden haben, wie weit Förderanlagen zu verwenden sind. Oft werden Verteileranlagen größeren Umfanges zu teuer und in ihrer Wirkungsweise und Ausdehnung zu verwickelt ausfallen, als daß sie noch eine Wirtschaftlichkeit bieten könnten. Man wird deshalb vielfach unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit auf ausgedehnte fördertechnische Einrichtungen verzichten und zu einem billigen und einfachen Mittel greifen, das sich bis jetzt überall, wo es angewandt wurde, bewährt hat, dem Paketleseband. Abb. 5 zeigt ein solches Paketleseband, das von der Maschinenfabrik Wilhelm Stöhr, Offenbach a. M., für die Abfertigungsabteilung des Paketpostamtes Nürnberg geliefert worden ist. Es steht dort seit etwa drei Jahren ununterbrochen im Dienst und hat sich in dieser Zeit betrieblich, technisch und wirtschaftlich bewährt.

In der Abfertigungsabteilung des Paketpostamtes Nürnberg sind zwei Arten von Paketen zu verarbeiten, und zwar Sendungen, die in Nürnberg aufgeliefert werden und zum Versand nach auswärts bestimmt sind, und sogenannte

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 737.
[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1416.

Abb. 5
Paketleseband.

Abb. 6
Paketleseband zum Ausscheiden der Sackwagenpakete.

Transitsendungen, die das Paketpostamt Nürnberg nur als Durchgangstelle berühren, um dort umgeladen zu werden.

Alle diese Sendungen werden, teils mittels Förderanlagen, teils mittels Handkarren, an das Kopfende des etwa 28 m langen, in Tischhöhe geführten Bandes gebracht, hier ausgezeichnet, d. h. mit einer Leitnummer, entsprechend dem für jedes Paket zuständigen Bahnpostkurs, beschrieben und auf das Leseband gelegt. Auf beiden Seiten des Lesebandes sind Pakethandkarren aufgestellt, die je für einen Bahnpostkurs bestimmt sind. Die an dem Band aufgestellten Bediensteten haben also die Aufgabe, von den an ihnen vorübergleitenden Paketen diejenigen herauszulesen, die die Nummer der ihnen zugeteilten Kurshandwagen tragen.

In der oberen Versandhalle ist ein ähnliches Paketleseband, Abb. 6, aufgestellt, das den Zweck hat, die sogenannten Sackwagenpakete zu verteilen. Eine fördertechnische Verbindung dieser beiden Lesebänder ist von der genannten Firma geliefert.

Als Leseband dient ein Balatagurt von 800 mm Breite. Das Band ist in Abständen von 500 mm auf Tragrollen, deren Achsen in Ringschmierlagern laufen, abgestützt. Die geringe Entfernung der Tragrollen hat sich als vorteilhaft erwiesen, da auf diese Weise die Pakete auf dem Band nicht tänzeln oder springen, sondern sich in vollkommen ruhigem Fluß weiterbewegen. Dies erleichtert besonders das Lesen der aufgeschriebenen Kursnummern während der Bewegung des Bandes beträchtlich. Den Antrieb besorgt ein am unteren Bandende aufgestellter Drehstrommotor von rd. 2,5 PS, der über ein Schneckengetriebe auf die Antriebtrommel des Förderbandes arbeitet. Die Bandgeschwindigkeit ist durch einen Regelanlasser zwischen 0,5 m und 1 m/s regelbar. Das ganze Leseband sitzt auf Lenkrollen, so daß es nach Bedarf verfahren werden kann. Die Anschaffungskosten und die Betriebsausgaben sind gering.

Dadurch, daß dem Personal die Arbeit in stetem Flusse zugeführt wird, entsteht ein gesetzmäßiges und zwangläufiges Arbeitstempo. Es ist auf diese Weise nicht möglich, daß ein oder mehrere Bedienstete „aus dem Tritt fallen" und ein langsameres Arbeitstempo einschlagen, ohne daß dies sofort bemerkt und die Säumigen festgestellt werden könnten. Ein Liegenbleiben von Sendungen durch die Unmöglichkeit ihrer rechtzeitigen Bearbeitung, wie dies früher bei großen Ämtern zu Zeiten stärksten Verkehrs nicht selten war, wird, wie bei jedem mechanisierten Betrieb, so auch hier vermieden.

Im allgemeinen sind folgende Gesichtspunkte beim Bau von Postförderanlagen zu berücksichtigen: Von größter Wichtigkeit ist es, daß die Einrichtungen äußerst betriebsicher arbeiten, d. h. daß Beschädigungen an der Anlage unwahrscheinlich und Beschädigungen des Fördergutes ausgeschlossen sind. Die Einrichtungen müssen dauernd gebrauchsfähig sein. Sie müssen deshalb sehr widerstandfähig und sorgfältig ausgeführt werden, und zwar hinsichtlich ihrer Bauart sowohl als auch hinsichtlich der Montage und Werkstattarbeit. Alle beweglichen Teile müssen geschützt angeordnet werden, einmal um Unfälle des Personals oder Beschädigungen von Sendungen zu vermeiden, anderseits auch, um Beschädigungen dieser Teile durch Anstoßen oder Anfahren mit Handkarren usw. auszuschalten. Die Wartung und Instandhaltung der Förderanlage muß auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben, schon aus dem Grunde, weil beim Postbetriebe durchweg technisch ungeschultes Personal beschäftigt wird. Mag es auch vom Standpunkt des Technikers aus reizvoll sein, eine Vielheit von Vorgängen in ein und demselben Gerät zusammenzufassen, so darf doch nie außer acht gelassen werden, daß verwickelter Aufbau und verwickelte Wirkungsweise eine mehr oder minder große Unsicherheit des Betriebes verursachen. Besonders zu berücksichtigen ist hierbei auch die Verschiedenartigkeit der Sendungen hinsichtlich Format und Gewicht. [M 1489]

Frankfurt a. M. Dipl.-Ing. H. Walter

Abb. 7
Verhältnis des Probedrucks zum Betriebsdruck.

Normung

Die DIN-Normen im Rohrleitungsbau

Die wesentlichsten Gesichtspunkte, nach denen der Deutsche Normenausschuß die Normen über Flansche und Rohre aufgebaut hat. Die Anschlußmöglichkeiten zwischen DIN-Flanschen und Flanschen nach den Normalien der Jahre 1882 und 1900 sind bei der Normung sorgfältig berücksichtigt worden.

Die vom Fachnormenausschuß für Rohrleitungen beim Deutschen Normenausschuß ausgearbeiteten Normblätter über Flansche und Rohre bis einschl. Nenndruck 40 sind nach sieben Jahren ununterbrochener Arbeit abgeschlossen worden[1]); die Normblätter für Nenndruck 64 und 100 sind inzwischen ebenfalls fertiggestellt.

Die Veranlassung zu diesen Normungsarbeiten war der Wunsch vieler Fachkreise, die vielen Sondernormen des Berg- und Schiffbaues, der Maschinen-, Hütten- und Heizungsindustrie zu beseitigen. Zu diesen Sondernormen war die Industrie gekommen, weil sich die Rohrnormalien des Vereins deutscher Gas- und Wasserfachmänner (1882) und des Vereines deutscher Ingenieure (1900 und 1912) in vielen Fällen hinsichtlich ihres Druck- und Nennweitenbereiches als nicht ausreichend erwiesen hatten. Selbstverständlich war der Fachnormenausschuß bestrebt, das Bewährte aus diesen Normen möglichst unverändert zu übernehmen.

Druckstufen

Grundlegend für den gesamten Aufbau war die Wahl der Druckstufen in enger Zusammenarbeit mit dem Fachnormenausschuß für Armaturen. Man versuchte zunächst vergeblich, die Normen auf den beiden bisher gebräuchlichsten Druckstufen von 10 kg/cm² und 20 kg/cm² aufzubauen. Hiermit hätte man wohl den Wunsch einzelner Kreise befriedigen, aber keine Grundlage für eine systematische Normung erreichen können.

Die Druckstufen mußten das ganze Gebiet decken, für das nach dem Stande der Technik ein Bedarf vorlag; die Sprünge von einer Druckstufe zur anderen durften nicht willkürlich und nicht so groß sein, daß sich das Bedürfnis nach einer Zwischenschaltung von Druckstufen einstellte und aus wirtschaftlichen Gründen rechtfertigen ließ.

Das erreichte man mit einer geometrischen Reihe entsprechend den Normungszahlen nach DIN 323.

Aus dieser Reihe wählte man abwechselnd Druckstufen für Dampf und Wasser aus; dadurch ergab sich eine Reihe von Druckstufenpaaren mit gleichen Sprüngen von 1 : 1,6 für das ganze Gebiet bis Nenndruck 40, die ohne Schwierigkeit erweiterungsfähig war. Diese Druckstufenpaare wurden zu einem Nenndruck zusammengefaßt, Zahlentafel 1.

Dadurch, daß man für Wasser einen um 25 vH höheren Druck zuließ, als für ausdehnungsfähigen Leitungsinhalt, z. B. Dampf oder Gase, wurde ein gemeinsamer Probedruck für jedes Druckstufenpaar möglich. Das hatte den Vorteil, daß man gleiche Wanddicken der Rohre, gleiche Flansche und gleiche Formstücke für jedes Druckstufenpaar verwenden konnte.

In DIN 2401 sind, wie aus Zahlentafel 1 ersichtlich ist, jedem Nenndruck die Betriebsdrücke in folgendem Verhältnis zugeordnet:

für Wasser 100 vH,
für Gas und Dampf 80 vH,
für Heißdampf 64 vH.

Diese Stufung entspricht der durch den Leitungsinhalt bedingten Gefährlichkeit und gleichzeitig seiner Temperatur, da bei höheren Temperaturen die Streckgrenze sinkt.

Bei Temperaturen über 400° empfiehlt der Fachnormenausschuß die Wahl des nächst höheren Nenndruckes für Flansche wie für Rohre, wenn gleichzeitig der Betriebsdruck an die festgelegte Höchstgrenze heranreicht.

Durch die Angabe des Nenndruckes oder Betriebsdruckes werden die vielfach gebräuchlichen Beziehungen „Niederdruck", „Mitteldruck", „Hochdruck" usw. hinfällig, die stets mehr oder minder unbestimmt sind.

Abb. 7 zeigt das Verhältnis des Probedruckes zum Betriebsdruck. Entsprechend der Stufung der Betriebsdrücke für Wasser, Dampf und Heißdampf ergibt sich eine Stufung des Verhältnisses des Probedruckes zum Betriebsdruck vom 2fachen bis zum 1,25fachen.

Nennweiten

Die Nennweiten nach DIN 2402 hat man mit den gebräuchlichen Nennweiten in weitgehende Übereinstimmung gebracht.

Allerdings macht sich in letzter Zeit allgemein das Bestreben bemerkbar, die Zahl der Nennweiten möglichst einzuschränken, weil dadurch große Ersparnisse möglich sind.

[1]) Die Normblätter sind zu beziehen vom Beuth-Verlag, Berlin S 14.

Zahlentafel 1

Auszug aus DIN 2401 „Druckstufen“. Alle Drücke sind in kg cm² angegeben.

Größter zulässiger Betriebsdruck für				Probedruck	Nenndruck	Größter zulässiger Betriebsdruck für				Probedruck	Nenndruck	Größter zulässiger Betriebsdruck für				Probedruck
Wasser bis 100°	Gas und Dampf unterhalb 300°	Heißdampf 300° bis 400°				Wasser bis 100°	Gas und Dampf unterhalb 300°	Heißdampf 300° bis 400°				Wasser bis 100°	Gas und Dampf unterhalb 300°	Heißdampf 300° bis 400°		
W	G	H				W	G	H				W	G	H		
Flansche und Rohre	Flansche und Rohre	Flansche	Rohre		ND	Flansche und Rohre	Flansche und Rohre	Flansche	Rohre		ND	Flansche und Rohre	Flansche und Rohre	Flansche	Rohre	
1	1	—	—	2	10	10	8	—	—	16	100	100	80	64	64	125
—	—	—	—	—	12,5	—	—	—	—	—	125	125	100	80	80	160
—	—	—	—	—	16	16	13	13**	10	25	160	160	125	100	100	200
—	—	—	—	—	20*	20	16	—	13	32	200	200	160	125	125	250
2,5	2	—	—	4	25	25	20	20	16	40	250	250	200	160	160	320
—	—	—	—	—	32*	32	25	—	20	50	320	320	250	200	200	400
—	—	—	—	—	40	40	32	32	25	60	400	400	320	250	250	500
—	—	—	—	—	50*	50	40	—	32	70	500	500	400	—	—	640
6	5	—	—	10	64	64	50	40	40	80	640	640	500	—	—	800
—	—	—	—	—	80*	80	64	—	50	100	800	800	640	—	—	1000
10	8	—	—	16	100	100	80	64	64	125	1000	1000	800	—	—	1250

* Für diese Nenndrücke sind nur Rohre festgelegt.
** Für Heißdampfbetriebsdruck 13 sind Armaturen und Formstücke nicht genormt. Empfohlen werden dafür solche für Nenndruck 25.

hat daher eine Anzahl Nennweiten auf den Normblät- eingeklammert; das bedeutet, man soll sie „möglichst neiden“, damit sie allmählich ganz verschwinden.

Berechnung der Rohre

Die Berechnungsgrundlagen und Formeln für die Rohr- ldicke sind in den Normblättern

DIN 2411 für Gußeisenrohre,
DIN 2412 für Stahlgußrohre,
DIN 2413 für Flußstahlrohre

elegt.

Für gußeiserne Flanschenrohre, nach DIN 2422, t die Formel:

$$S = S_o + C = \frac{p\,d}{200\,\sigma_{zul}} + C.$$

Darin bedeutet

die wirkliche Wanddicke in mm,
$_o$ die theoretische Wanddicke in mm,
den Betriebsdruck in kg/cm²,
den lichten Rohrdurchmesser (die Nennweite),
$_{zul}$ die zulässige Beanspruchung in kg/mm² und
einen Zuschlag aus Herstellungsrücksichten und zum Ausgleich von Ungenauigkeiten der Herstellung;
$_{zul}$ wurde für Gußeisen zu 2,5 kg/mm², der Zuschlag C zwischen 6 und 0 mm festgesetzt.

Die hiernach berechneten Wanddicken gußeiserner Flan- rohre für Nenndruck 10 stimmen annähernd mit den ldicken nach den Normalien des Vereins Deutscher Gas- Wasserfachmänner vom Jahre 1882 überein.

Die Flußstahlrohre sind unterteilt in glatte re und Gewinderohre. Zu den glatten Rohren en die nahtlosen Flußstahlrohre, d. s. die sogenannten rohre, die patentgeschweißten, die wassergasgeschweiß- die mit der Azetylen-Sauerstoffflamme geschweißten die genieteten Rohre.

Zu den Gewinderohren gehören die Rohre, deren Außen- messer das Aufschneiden von Gewinden gestatten, also die Gasrohre.

n der Wahl der Außendurchmesser der glatten Rohre der Fachnormenausschuß an die Abmessungen der nach Zoll gestuften nahtlosen und stumpf geschweißten gebunden. Diese Abmessungen deckten sich leider genau mit den runden Maßen der gewählten Nenn- n. Da man aber begreiflicherweise nicht daran denken e, daß die Röhrenindustrie von ihren auf dem Welt- t eingebürgerten Abmessungen abging, mußte man kleinen Unstimmigkeiten mit in den Kauf nehmen.

Für die wassergasgeschweißten und autogen geschweiß- ohre wäre diese Rücksicht auf die nach Zollmaßen ge- n Außendurchmesser der nahtlosen und stumpfge- ißten Rohre nicht erforderlich gewesen. Es wäre ch gewesen, diese Rohre genau nach den Nennweiten messen, wie es früher vielfach üblich war. Die Folge davon wäre jedoch, daß man für ein und dieselbe Nennweite zweierlei Flanschnormen hätte aufstellen müssen. Die Flansche hätten sich nur in der Bohrung um einige Millimeter unterschieden, je nachdem, ob sie z. B. für nahtlos oder autogen geschweißte Rohre verwendet werden sollten. Mit Rücksicht auf den offenkundigen Nachteil zweier Flanscharten entschloß sich der Fachnormenausschuß in Übereinstimmung mit allen in Frage kommenden Herstellerkreisen, für alle Rohre einen gemeinsamen, nur von der Nennweite abhängigen Außendurchmesser, ohne Rücksicht auf die Art der Herstellung, festzulegen.

Ein weiterer sehr wesentlicher Vorteil ist, daß man auf Grund des festen Verhältnisses der Betriebsdrücke zum Nenndruck für die verschiedenen Betriebsdrücke einer Druckstufe gleiche Rohrwanddicken festlegen konnte, selbstverständlich ebenfalls in Abhängigkeit von den Nennweiten.

Diese beiden Maßnahmen führten zu einer sehr weitgehenden Beschränkung der im Rohrleitungsbau gebräuchlichen Rohrabmessungen. An dieser Stelle sei ausdrücklich festgestellt, um Mißverständnissen vorzubeugen, daß die bisher vom Fachnormenausschuß für Rohrleitungen festgelegten Rohre (DIN 2440, 2441 und 2450 bis 2455) lediglich den Rohrleitungsbau erfassen. Der Fachnormenausschuß ist sich bewußt, daß die Verbraucher für andere Zwecke noch eine große Zahl von Rohren brauchen, für die zu gegebener Zeit Normen geschaffen werden müssen.

Flansche

Man war sich darüber einig, daß man bei Normung der Flansche einer alten Forderung der Praxis, die Schraubenzahlen durch 4 teilbar zu machen, entsprechen mußte. Dementsprechend erhält nach DIN 2508 — „Flansche, Anordnung der Schraubenlöcher“ — jeder Flansch eine durch 4 teilbare Anzahl von Schraubenlöchern. Die Schraubenlöcher sind bei Rohrleitungen und Armaturen so anzuordnen, daß sie symmetrisch zu den beiden Hauptachsen liegen und daß keine Löcher in die Hauptachsen fallen.

Der Fachnormenausschuß war sich allerdings darüber klar, daß dieser Beschluß eine einschneidende Bedeutung haben mußte für die Anschlußmöglichkeit der vorhandenen Flansche an die DIN-Flansche. Aber die Vorteile der durch 4 teilbaren Anzahl der Schraubenlöcher sind so wesentlich, daß dieser Schritt getan werden mußte. In Zukunft werden dadurch falsche Schraubenstellungen unmöglich, die sich bei der Montage oft unangenehm bemerkbar machten.

Auf Grund der Vierteilung können Armaturen beim Anschluß an eine Rohrleitung jeweils um 90° versetzt werden. Ferner kann man für die Herstellung der Flanschschraubenlöcher durchweg vierspindelige Bohrmaschinen verwenden, was für Massenfertigung von großer Bedeutung ist.

Mitbestimmend war ferner, daß in den englischen Normen vom Jahre 1900 die Vierteilung restlos durchgeführt ist; ferner durfte man nicht übersehen, daß auch

Abb. 9
Flansche nach DIN N
druck 10 (schraffiert
und Norm von 188

Ab
Vergleich zwischen der
nach DIN (schraffiert)
eins deutscher Gas-
des Vereines deut
Die übergeschriebenen Z

das übrige Ausland auf die Einführung der Vierteilung zielbewußt hinarbeitet. Normen, die diesem Gesichtspunkt nicht Rechnung getragen hätten, hätten keine Aussicht auf Anschluß an eine internationale Normung gehabt.

Abb. 8
Übereinstimmung der Flansch-Anschlußmaße nach den DIN-Normen für Rohrleitungsbau. Die gemeinsam schraffierten Flächen bezeichnen die Gebiete, in denen die Flanschen übereinstimmen; z. B. stimmen von Nennweite 10 bis 1000 die Flansche für Nenndruck 2, 5 und 6 überein. Die eingeklammerten Nennweiten sind möglichst zu vermeiden.

Bei der Festlegung der Flanschanschlußmaße, d. h
Flansch-Außendurchmessers, des Lochkreis-Durchme
der Schraubenzahl und der Schraubendicke, hat man i
halb bestimmter Druckstufen eine weitgehende Üb
stimmung erstrebt und erzielt.

Das ist z. B. mit Rücksicht auf die Verwendung gl
Bohrlehren für die Massenfertigung wichtig; gleich
wird die Lagerhaltung entsprechend vereinfacht.

Abb. 8 zeigt, innerhalb welcher Druckstufen und N
weiten eine völlige Übereinstimmung der Flansch-Ansc
maße besteht.

Für die Berechnung der Flansche sin
Anlehnung an den von Bach entwickelten Rechnungs
in DIN 2505 für feste Flansche und DIN 2506 für
Flansche „Erläuterungen zur Berechnung" festgelegt.

Anschlußmöglichkeit

Es wurde selbstverständlich bei der Ausarbeitung
DIN-Normen Wert darauf gelegt, daß die neuen Fla
an die Rohre und Armaturen nach den Normen des
eins deutscher Gas- und Wasserfachmänner (1882) un
die des Vereines deutscher Ingenieure (1900 und 1912
geschlossen werden können, auch wenn die DIN-No
andre Anschlußmaße ergaben. Die Anschlußmögl
keit ist bei allen Nennweiten erre
worden. Für den Anschluß während der Übergangze
es nicht erforderlich, daß die Lochkreisdurchmesser
Flansche gleich sind. Es genügt, wenn die einer
Norm entsprechenden Schrauben in einem Flansch
den neuen Normen Platz finden und umgekehrt.

Abb. 9 und 10 zeigen Vergleiche der Anschlußmaß
Flansche nach Nenndruck 10 und 25 und der Fla
nach den Normen von 1882 und 1900[2]).

Wie aus diesen Abbildungen ersichtlich ist, be
bei allen Nennweiten ohne Schwie
keit die Anschlußmöglichkeit.

Neben der Normung der Rohre und Flansche selbs
der Fachnormenausschuß u. a. Untersuchungen an V
flanschen über die Art der Aufwalzung, die Ausbildung
Rille, die Ausdrehung der Flanschbohrung mit schwa
Kegel und über die Abfassung durchgeführt. Hierd
konnte die Zahl der Werkzeuge auf ein Mindestmaß
schränkt werden.

Über die vom Fachnormenausschuß aufgestellten N
blätter für Flansche gibt das Normblattverzeich
Auskunft.

Diese umfangreiche Normungsarbeit hat die
beschränkte Anerkennung weitester Kreise gefunden.

[2]) Diese Vergleiche hat Obering. Sturm, der Vorsitzend
Fachausschusses für Rohrleitungen, durchgeführt.
[3]) Beuth-Verlag, Berlin S 14; Preis 2 RM.

Abb. 10
Flansche nach DIN Nenndruck 25 (schraffiert) und Norm von 1900.

d 10
hlußmaßen der Flanschen
ch den Normen des Ver-
asserfachmänner (1882) und
genieure (1900 und 1912).
zeichnen die Nennweiten.

visse Bestätigung liegt auch darin, daß die vom Nor-
ienbureau des Vereines schweizerischer Maschinenindu-
teller herausgegebenen Normen für Flansche und Rohre
lenmäßig mit den DIN-Normen übereinstimmen. Man
f erwarten, daß auch noch andre Länder die DIN-Normen
Flansche und Rohre übernehmen werden.

Eine große Anzahl führender Herstellerfirmen, darunter der Flanschenverband, haben bereits Preislisten für DIN-Flansche herausgegeben oder sind mit deren Herausgabe beschäftigt. Die Verbraucher führen zum größten Teil Neuanlagen von Rohrleitungen nur nach den DIN-Normen aus.

Berlin [M 1327] Hans Heinrich

Kleine Mitteilungen

Abdampfverwertung in einer Papierfabrik

Die Eigenart der papierverarbeitenden Industrie setzt
r wirtschaftlichen Ausnutzung des Dampfes Schwierig-
iten entgegen. So ist z. B. für eine langsam laufende
Piermaschine, die schwere Bogen herstellt, der Bedarf an
Dampf zum Trocknen hoch, der Dampfverbrauch der
Dampfmaschine dagegen ziemlich gering, so daß zum
Trocknen Frischdampf herangezogen werden muß. Im um-
gekehrten Falle geht ein Teil des Abdampfes ungenutzt in
die Atmosphäre. Durch Einbau einer gemeinsamen Ab-
dampfsammelleitung, die mit dem Speisewasservorwärmer
in Verbindung steht, erreicht man wesentliche Vorteile:
1. Die Dampfmaschinen arbeiten mit einem gleichbleiben-
den Gegendruck; 2. restlose Ausnutzung des Abdampfes;
3. gleichbleibender Druck des Trockendampfes. Durch der-
artige Maßnahmen hat man in einem Betriebe den Dampf-
bedarf um 500 kg für 1 t Papier gesenkt. („Power" 26. Juni
1928 S. 1134*) [N 1829 c] Le.

Instandsetzung großer Glocken durch Schweißen

Gesprungene Glocken konnte man früher nicht wieder-
herstellen; vom Umschmelzen sah man wegen des geschicht-
lichen Wertes alter Glocken meistens ab. Vor einigen Jahren
ist dann die große Domglocke in Berlin von Sedlbauer &
Sommerfeld mit Erfolg geschweißt worden[1]. Die Firma
Barimar, Ltd., London, hat nun auf Grund ihrer Erfah-
rungen mit Schweißungen gesprungene Glocken geschweißt.
Kürzlich ist eine aus dem Jahre 1607 stammende, 406 kg
schwere Bronzeglocke geschweißt worden; sie hatte einen
rd 100 mm breit klaffenden, 230 mm langen Sprung. Die
Zusammensetzung des Schweißmetalles entsprach möglichst
genau dem Metall, aus dem die ganze Glocke bestand; die
Schweißstelle wurde glattgefeilt. Die geschweißte Glocke
soll einen vollkommen reinen Ton haben; inwieweit sich
der Ton gegen den ursprünglichen verändert hat, wird man
erst feststellen, wenn die Glocke mit dem Glockenspiel, zu
dem sie gehört, abgestimmt wird. Mehrjährige Erfahrungen mit andern geschweißten Glocken haben gezeigt, daß die Schweißungen sehr haltbar sind. („Engineering" 13. Juli 1928 S. 53) [N 1829 d] Pa.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 159.

Die Lichttagessignale bei den Österreichischen Bundesbahnen

Die auf einigen elektrisch und mit Dampf betriebenen Strecken der Österreichischen Bundesbahnen vor einiger Zeit eingeführten Lichttagessignale haben sich gut bewährt. Das Hauptsignal zeigt rot für „Halt" und weiß für „Freie Fahrt", und zwar ein weißes Licht für gerade Fahrt und zwei und drei für die Ablenkung. Am Vorsignal bedeutet grün „Halt" und ebenfalls weiß „Freie Fahrt". Bemerkenswert ist die Verwendung von weißem Blinklicht, das eine Verwechslung mit signalfremden Lichtern verhindern soll. — Auch Verschiebe-Verbotsignale sind jetzt als Lichttagessignale vereinzelt aufgestellt worden. Hierbei deutet blau auf „Verbot des Verschiebens" hin. Mit derartigen Signalen sind bisher ausgerüstet die Bahnhöfe: Wien-West, Innsbruck Hbhf., Stams, Silz u. a. Es wird erwogen, die Lichtfarben denen der Deutschen Reichsbahn anzupassen. (Zeitung des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen 21. Juni 1928 S. 665*) [N 1829 e] Gsl.

Geschlossene Güterwagen mit aufklappbarem Dach

Das Bestreben, einen für die verschiedensten Güter brauchbaren Einheitsgüterwagen zu schaffen, der wirtschaftlich be- und entladen werden kann, hat den Ingenieur Jonas Jonsson, Vanibro, Schweden, veranlaßt, einen Güterwagen mit aufklappbarem Dach zu bauen. Das Tonnendach dieses Wagens, der im übrigen auch die normalen seitlichen Schiebetüren hat, ist in der Mitte geteilt. Die beiden Hälften lassen sich um die an den Stirnseiten des Wagens befindlichen Drehpunkte nach außen so weit auseinanderklappen, daß der Wagen völlig offen ist. Das Auf- und Zuklappen der Dachhälften läßt sich mittels eines Handrades von einem Mann innerhalb von je etwa zwei Minuten vornehmen. („The Railway Gazette" 15. Juni 1928 S. 807*) [N 1829 f] Gsl.

Elektrische Zugförderung in den Niederlanden

Seit Oktober 1927 ist die Linie Amsterdam – Rotterdam mit einigen Abzweigungen, im ganzen 135 km Streckenlänge, auf elektrischen Betrieb umgestellt. Auch in Holland gab es viele Gegner der elektrischen Zugförderung, die besonders darauf hinwiesen, daß das Land sehr eben ist und wenig Wasserkräfte aufweist.

Den ersten bedeutenden Anstoß gab 1917 ein Vortrag über die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse. Ein 1918 mit der Untersuchung dieser Frage beauftragter Ausschuß schlug zum Ausbau die Strecke Rotterdam – Amsterdam vor, die internationalen Fernzüge sollten vorläufig noch mit Dampflokomotiven befördert werden. Als Stromart sollte Einphasen-Wechselstrom von 15 000 V, 16⅔ Per./s gewählt werden; nach eingehenden weiteren Verhandlungen ging man jedoch hiervon wieder ab, um sich 1921 endgültig für Gleichstrom von 1500 V mit Oberleitung zu entscheiden.

April 1927 wurde die Teilstrecke Rotterdam – Haarlem als erste auf elektrischen Betrieb umgestellt und im Oktober 1927 die ganze Strecke elektrisch betrieben, und zwar mit Triebwagenzügen zu fünf Wagen, wovon zwei Motorwagen sind.

Es ist nur eine Frage der Zeit und der Beschaffung geeigneter Lokomotiven, daß auch der Ferndurchgangsverkehr in die elektrische Zugförderung einbegriffen wird. Die Verkehrsleistung rein elektrischer Förderung beträgt gegenwärtig täglich 1300 Zug-km, der jährliche Strombedarf 50 Mill. kWh, den Wärmekraftwerke liefern. („Spoor- en Tramwegen“ 10. Juli 1928 S. 2*) [N 1829 g] Ro.

Anfressungen von Eisen und Stahl in Seewasser und Seeluft

Die Institution of Civil Engineers nimmt seit 1916 Versuche über Anfressungen an Holz, Metall und Zement in Seewasser und Seeluft vor. Man hat eine Reihe von Proben in vier verschiedenen Häfen: Auckland, Halifax, Colombo und Plymouth ausgesetzt, die sich jetzt teilweise mehr als fünf Jahre im Wasser befinden.

Von den der Seeluft ausgesetzten Proben haben sich in Halifax Stahl mit 36 vH Ni, heiß erblasenes und kalt erblasenes Gußeisen sehr gut gehalten; Flußstahl mit 0,5 vH Cu und mit 2 vH Cu, Chromstahl mit 13,5 vH Cr, Nickelstahl mit 3,5 vH Ni sind wenig, alle übrigen Proben stark angefressen worden. In Auckland hat sich nur Nickelstahl mit 36 vH Ni sehr gut gehalten, Chromstahl, Nickelstahl mit 3,5 vH Ni und kalt erblasenes Gußeisen haben sich im Vergleich mit den übrigen Proben noch verhältnismäßig gut gehalten. Bei den Proben, die nur zur Flutzeit bedeckt waren, sind Chromstahl mit 13,5 vH Cr, Nickelstahl mit 3,5 vH Ni, Nickelstahl mit 36 vH Ni wenig und Flußs mit niedrigem Schwefel- und Phosphorgehalt, Flußs mit 2 vH Cu, Armcoeisen und schwedisches Holzkohlene wenig, alle andern Proben stark zersetzt worden. Ganz getauchte Proben wurden durchweg angegriffen; eini maßen gut hielten sich Kohlenstoffstahl mit 0,4 vH C, F stahl mit 0,7 vH Mn, Flußstahl mit 0,5 vH Cu, Chroms mit 13,5 vH Cr, 3,5 vH Nickelstahl, 36 vH Nickelstahl kalt erblasenes Gußeisen, alle andern Proben wurden sch mitgenommen.

Auch Stahlplatten, die mit Schutzüberzügen vers waren und die zwei Jahre acht Monate entweder der luft ausgesetzt oder ganz eingetaucht waren, wurden prüft. Bewährt haben sich zwei oder drei Überzüge Normaleisenoxydfarbe, ein Überzug mit Mennige und weiß, wenn noch ein Überzug aus Eisenoxydfarbe dar gestrichen wurde, zwei Überzüge aus Eisenoxydfarbe, ein spritzter Überzug aus Eisenoxydfarbe auf Platten, die 110 °C erwärmt wurden, ferner ein Überzug aus gerei tem entwässertem Steinkohlenteer, ein Überzug aus Men farbe mit darüber gestrichenem Steinkohlenüberzug schließlich galvanisierte Platten. („Iron and Coal Tr Review“ 13. Juli 1928 S. 43) [N 1829 h] St

Bruch stählerner Ketten

Einen bemerkenswerten Bericht hat kürzlich Departement of Scientific and Industrial Research, Lon über die Ursachen von Brüchen stählerner Ketten veröff licht. Ketten brechen häufig, obgleich keine Überlast der Kette vorliegt und ebensowenig der Bruch auf schlec Baustoff zurückzuführen ist. Man hat in der britis physikalischen staatlichen Versuchsanstalt Ketten u sucht, deren Gebrauchsweise genau bekannt war, und kam zu der Folgerung, daß eine der Hauptursachen ve gerter Tragfähigkeit nach längerem Gebrauch darin l daß sich durch das Aneinanderschlagen der einze Kettenglieder eine gehärtete Oberflächenschicht bildet, schon bei geringer Beanspruchung zu kleinen Rissen n Die Belastung wird bei derartigen Rissen an den tief Stellen zusammengedrängt, besonders wenn die Ketten Bi beanspruchungen ausgesetzt sind; infolge nur geri schlagartiger Beanspruchung setzt sich dann der Riß d das ganze Glied fort. Der Werkstoff wird durch Ausglü der gehärteten Schicht bei dunkler Rotgluthitze wi weich. Die angestellten Untersuchungen sind wieder Beweis dafür, wie notwendig es ist, Ketten regelmäßig zuglühen. Dies ist besonders notwendig, wenn beim brauch die einzelnen Kettenglieder häufig gegeneinan schlagen. („Fairplay“ 14. Juni 1928 S. 622) [N 1829 b]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung. Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Kesselanlagen für Großkraftwerke. Von Friedr. Münzinger. Berlin 1928, VDI-Verlag. 176 S. m. 282 Abb. Preis 19 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 17 *RM*.

Das Buch zerfällt in zwei große Abschnitte: Im ersten Teil werden sehr ausführlich, an der Hand zahlreicher guter Abbildungen, die Kesselanlagen des Klingenberg-Kraftwerkes beschrieben, wobei der Verfasser namentlich auch auf den Werdegang des Werkes von den ersten Ideen und Entwürfen bis zur endgültigen Vollendung eingeht und die Gründe darlegt, die zu den schließlich gewählten Bauarten und Anordnungen geführt haben. Besondere Kapitel behandeln die Abnahme der Baustoffe, die Kesselaufstellung usw.

Der zweite Teil bringt allgemeine Betrachtungen und Richtlinien, die sich aus den beim Bau des Klingenberg-Kraftwerkes gemachten Erfahrungen ergeben. Zahlreiche wichtige Fragen werden hier eingehend erörtert: Ob Rost- oder Kohlenstaubfeuerung, ob Einzel- oder Zentralmahlanlagen für Großkraftwerke wirtschaftlicher sind, welche Kesselbauarten sich am besten bewährt haben, welches die wirtschaftlichsten Drücke und Temperaturen sind usw.

Das Buch bildet eine wichtige Bereicherung unseres Schrifttums über Dampfkessel und kann, obwohl es sich nur mit Großkesselanlagen beschäftigt, auch den Konstrukteuren und Betriebsleitern kleinerer Werke warm empfohlen werden. [E 1739] Pt.

Der Drehstrom-Induktionsregler. Von H. F. Schait. Berlin 1927, Julius Springer. 356 S. m. 165 Abb. Preis 25,50 *RM*.

Dieses Buch ist meines Wissens das erste größere Sonderbuch über Induktionsregler. Kapitel 1 erläutert deren Berechnung. Nach Aufstellung des Vektordiagrammes, bei dem vielleicht die Einführung fiktiver Flüsse zu bemängeln wäre, folgt die Berechnung der elektromotorischen K Die Einführung der Streubeiwerte in die Formel für Leerlauf-EMK erscheint nicht ganz gerechtfertigt. Et kurz kommt die Berechnung des Magnetisierungsstromes ausführlicher ist die der Streuung. Im 6. Abschnitt wird Begriff der äußeren und inneren Scheinleistung erk Es folgen Untersuchungen über Durchmesser, Lufts Windungszahl. Der Polzahl und ihren Einflüssen ist längerer Abschnitt gewidmet, dessen Inhalt doch kurz ist, daß man die Regler im allgemeinen zweipolig oder polig baut. Es folgen Angaben zur Berechnung der K schlußspannung in Abhängigkeit von der Läuferstell ferner Untersuchungen über die Grenzwerte von Spann Strom und Drehmoment; dann wird der Gang der Ber nung erläutert.

Kapitel 2 behandelt die Vektordiagramme. Beka lich eignet sich keine Maschinenart so sehr für kompliz Kreisdiagramme wie der Induktionsregler; das zeigt auch in diesem Buch. Auch bei Berücksichtigung der flüsse der äußeren Scheinleistung, des Magnetisieru stromes, der Spannungsabfälle usw. ergeben sich noch hältnismäßig einfache und übersichtliche Kreisdiagram weniger übersichtlich werden sie bei der Untersuchung Strom- und Spannungsverhältnisse des Doppelindukti reglers, weil dabei die Kreise z. T. zu Ellipsen wer Immerhin ist es begrüßenswert, daß auch diese Diagra einmal gezeigt worden sind.

Kapitel 3 behandelt die Erwärmung und Kühlung. Verfasser versucht, ein genaues Verfahren für die rechnung der Wärmeströmung im Induktionsregler zu ge hat dabei besonderen Wert gelegt auf die Wärmeström im Eisen und im Kupfer und hat mit großem mathe tischen Aufwand Gleichungen aufgestellt. Wichtiger

scheint die Mitteilung und Verwertung von Versuchsergebnissen über Wärmestrahlung und Wärmemitnahme besonders im Kühlmittel der Kanäle und des Kastens an der Hand zahlreicher Kurven, die hauptsächlich aus amerikanischen Quellen stammen und m. W. im deutschen Schrifttum noch nicht zusammenhängend veröffentlicht sind.

In Kapitel 4 wird ein Beispiel sehr ausführlich durchgerechnet, wobei auch auf die Erwärmung und die Diagramme großer Wert gelegt worden ist.

Kapitel 5 behandelt Bau und Betrieb des Induktionsreglers. Es werden hier eine Anzahl Induktionsregler verschiedener, hauptsächlich schweizerischer Herkunft, die üblichen Schaltungen und Hilfsapparate für die Reglung besprochen. Schließlich wird eine kurze Anleitung für Messungen gegeben.

Das Buch stellt ein gutgelungenes abgerundetes Ganzes dar. Wenn es an manchen Stellen etwas zu breit geschrieben erscheint, so muß man das einem Fachbuch zugute halten. Viele Fachleute dürften dieses Buch mit Freuden begrüßen, da im Schrifttum bisher außerordentlich wenig über Induktionsregler zu finden war. [E 1664] F. Unger

Die Technik elektrischer Meßgeräte. Von Georg Keinath. 3. Aufl. 1. Bd. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 612 S. m. 561 Abb. Preis 35 *RM*.

Die dritte Auflage ist gegenüber der ersten und der bald danach erschienenen zweiten so erweitert worden, daß es notwendig wurde, sie in zwei Bänden herauszugeben. Der erste Band über Meßgeräte und Zubehör liegt vor, der zweite, kleinere, über Meßverfahren wird voraussichtlich im Herbst ds. Js. folgen. Neu aufgenommen wurden bei der dritten Auflage Abschnitte über Werkstoffe für elektrische Meßgeräte, über die Oszillographen und den Klydonographen.

Der Wert des Buches, das die elektrischen Meßgeräte sehr eingehend und kritisch behandelt, ist von den beiden früheren Auflagen her wohl bekannt genug, als daß man bei der dritten Auflage noch einmal darüber etwas sagen müßte.
[E 1678] Pa.

Turbo-blowers and compressors. Von J. Kearton. London 1926, Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd. 333 S. m. 153 Abb. Preis 21 sh.

Der Verfasser von „Theorie und Praxis der Dampfturbinen" hat es als erster englischer Autor unternommen, ein ausführliches Werk über Turbogebläse und Kompressoren zu schreiben. In zwölf Kapiteln werden die theoretischen Unterlagen, Konstruktionsfragen, Regulierung, Untersuchung und Anwendung der Turbokompressoren als Hilfsmaschinen für Verbrennungskraftmaschinen behandelt. Deutsche Literatur und Fabrikate werden hierbei ausgiebig berücksichtigt. In einem besonderen Anhang werden ein Kapitel über den Ausfluß von Gasen durch Düsen und eine Zusammenstellung mathematischer und physikalischer Formeln und Tabellen angefügt. Für die theoretische Entwicklung bedient sich der Verfasser ebenso wie ausnahmslos die deutschen Lehrbücher der Entropiediagramme. Wenn wir uns auch über einen Mangel an deutschem Schriftwerk über die Turboarbeitsmaschinen nicht zu beklagen haben, so kann das Studium dieses Buches doch jedem deutschen Fachingenieur empfohlen werden, da es in seiner umfassenden und originellen Darstellung mancherlei Neues bringt. [E 1679] M. Berlowitz

Elektrische Vollbahnlokomotiven. Von Karl Sachs. Berlin 1928, Julius Springer. 461 S. m. 448 Abb. Preis 84 *RM*.

Der Verfasser ist als Ingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie. Baden (Schweiz) ein guter Kenner des heutigen Standes der elektrischen Vollbahnlokomotive, und sein Werk wird in dieser Hinsicht auf die Vervollkommnung des mechanischen und elektrischen Aufbaues der Lokomotiven befruchtend wirken. In vier Hauptabschnitten behandelt er Zugkraft und Leistung, mechanischen Teil (Wagenteil) und elektrische Ausrüstung; den letzten Abschnitt bildet eine Beschreibung von 15 Vollbahnlokomotiven neuester Bauart.

Im ersten Abschnitt bringt der Verfasser die an sich bekannten Berechnungsverfahren für Zugkraft und Leistung in übersichtlicher Darstellung. Im mechanischen Teil nimmt die Beschreibung des Antriebes einen breiten Raum ein, da die geschichtliche Entwicklung wie auch die Weiterentwicklung der mechanischen Kraftübertragung zweifellos für die elektrische Vollbahnlokomotive ausschlaggebend ist. Im Abschnitt „Elektrische Ausrüstung" ist alles Wissenswerte zu finden; der Stoff ist unterteilt in Gleichstrom-, Einphasen- und Drehstromlokomotiven. Die Beschreibung der neuesten Lokomotiven wird durch 22 Tafeln ergänzt.

Wenn Stimmen laut werden, die dem Verfasser Irrtümer in der geschichtlichen Darstellung nachweisen und manches Erwähnenswerte vermissen, so mögen sie berechtigt sein, sie tun aber dem Wert des Buches für den Konstrukteur keinen Abbruch. [E 1694] Ro.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. 5. Bd. 2. Hälfte: Physik des Kosmos. Herausgeg. von August Kopff. Braunschweig 1928, Friedr. Vieweg & Sohn. 595 S. m. 139 Abb. Preis 39,50 *RM*.

Seit Wilhelm Herschel ist es ein Hauptziel der Astronomie, den Aufbau des gesamten Weltalls zu klären. Bei dieser Aufgabe ist man jedoch nicht bei der Bestimmung von Sternsorten stehengeblieben, sondern hat auch die Natur der Sterne mit den Hilfsmitteln der reinen Physik zu erforschen gesucht. Gerade in den letzten Jahrzehnten ist auf diesem Gebiet eine ganze Reihe grundlegender Arbeiten erschienen, und dies war der Grund, weshalb man bei der vorliegenden Auflage die Physik des Kosmos in einen Band zusammengefaßt hat. Zu ihm haben außer dem Herausgeber acht namhafte Mitarbeiter Beiträge geliefert, in denen die astronomischen und physikalischen Grundbegriffe (P. ten Bruggencate und H. Kienle), die astronomischen Meßgeräte und Beobachtungsverfahren (J. Hopmann), der Stern als strahlender Gasball (P. ten Bruggencate und H. Kienle), die Sonne (R. Emden), die Weltkörper des Sonnensystems (K. Graf), der einzelne Stern (C. Wirtz), Doppelsterne und Veränderliche (J. Hellerich), Sternhaufen und Nebel (E. von der Pahlen), das Sternsystem (A. Kopff), die Kosmogenie (H. Kienle) und die Relativitätstheorie (A. Kopff) behandelt werden. Damit gibt der Band eine vorzügliche Einführung in die neuzeitliche Astronomie, bei der die dem Ingenieur geläufigen thermodynamischen Betrachtungen große Bedeutung gewonnen haben, und es kann allen empfohlen werden, die nicht achtlos an den Wundern des Weltalls vorübergehen.
[E 1697] W. Schmidt

Enzyklopädie der technischen Chemie. Herausgeg. von Fritz Ullmann. 2. Aufl. 1. Bd. Berlin und Wien 1928, Urban & Schwarzenberg. 808 S. m. 275 Abb. Preis 48 *RM*.

Den Gegenstand des Werkes bilden vor allem die chemische Großindustrie und die Metallhüttenkunde mit ihren Maschinen und Geräten; ferner die zahlreichen Grenzgebiete, die sich mit der Veränderung oder Veredelung der Rohstoffe überhaupt befassen. Der Inhalt ist nach Stichwörtern alphabetisch angeordnet, dabei sind aber zusammengehörende Gebiete in sich geschlossen behandelt. Für den Gebrauch wird sich das in loser Form beigegebene Gesamtsachverzeichnis gut bewähren; denn damit kann man leicht die Stellen finden, an denen die oft unter Phantasienamen im Handel erhältlichen Stoffe besprochen sind. Das gesamte Gebiet über Aluminium ist z. B. im wesentlichen nur in drei Hauptabschnitte gegliedert: Aluminium, Aluminiumverbindungen und Aluminiumthermie. In diesen Hauptabschnitten sind dann die einzelnen Gebiete zusammenhängend dargestellt. Dies trägt zum raschen Verständnis des Behandelten vielfach wesentlich bei. Besonders wertvoll im Hinblick auch auf den maschinentechnischen Teil sind die guten Quellenangaben und die eingehende Bearbeitung der Patentliteratur. Die Abbildungen sind zum großen Teil gut, nur sollte auf eine einheitlichere Ausführung der Strichzeichnungen größerer Wert gelegt werden. [E 1670] Schr.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. Leipzig 1928, Joh. Ambrosius Barth. 7. Bd. 1. Lfg. 238 S. m. 125 Abb. Preis 22 *RM*.

Die vorliegende Lieferung enthält drei Arbeiten in logischer Folge: Kapillarität von F. Auerbach, Kapillarchemie von H. Freundlich, Disperse Systeme und Brownsche Bewegung von R. Fürth. Die einheitliche Behandlung dieser Gebiete ist heute besonders zu begrüßen, einmal weil durch Arbeiten aus jüngster Zeit die Theorien der Kapillarität zu einem gewissen Abschluß gekommen sind, und zweitens, weil die auf den Erscheinungen der Kapillarität aufbauende Kapillarchemie heute von großer technischer Bedeutung geworden ist (Elektroosmose, Ton- und Kaolinreinigung, Filtrieren, Torfentwässerung, Kautschukindustrie, Zuckerfabrikation, Wasser- und Gasreinigung, Grünfutterkonservierung). Schließlich ist ein großer Teil der heute immer mehr an Bedeutung gewinnenden Kolloidchemie eine unmittelbare Anwendung der Kapillarchemie. Mit Rücksicht hierauf dürfte die dritte der oben genannten Arbeiten aufgenommen sein.

Da Theorie und Versuch auf dem Gebiet der Kapillarerscheinungen sehr eng verflochten sind, wird ihre Erforschung wohl immer der theoretischen und praktischen Physik vorbehalten bleiben; aus praktischen Gründen ist es jedoch ratsam, daß sich auch der Ingenieur mehr als bisher mit diesen Erscheinungen befaßt; hierzu kann das vorliegende Werk dienen. [E 1705] W. Schmidt

Einführung in die höhere Mathematik. Von Fritz Wicke. 1. und 2. Bd. Berlin 1927, Julius Springer. 921 S. m. 404 Abb. Preis je Bd. 24 *RM*.

Will man den Ingenieur für eine häufigere Anwendung der Mathematik gewinnen, so muß man seine auf ein festes Ziel („zweckmäßige Verwirklichung") gerichtete, konkrete Denkweise berücksichtigen. Gerade auf dem Gebiete des Ingenieurwesens gibt es eine Fülle von Fällen, die sich für eine mathematische Betrachtung eignen und als Anwendungsbeispiele der verschiedenen Rechenverfahren dienen können. Die glückliche Wahl solcher Beispiele oder Hinweise auf Anwendungsmöglichkeiten setzt eine große Erfahrung auf dem Gebiete der praktischen Ingenieurtätigkeit voraus, wenn die Beispiele nicht als gesucht erscheinen sollen. Den hier gekennzeichneten Weg hat man verschiedentlich in England beschritten (John Perry). Auch im vorliegenden Werk ist er soviel wie möglich benutzt worden. Es behandelt das Differenzieren, das Integrieren, die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, die Reihen und die Differentialgleichungen leicht verständlich und möglichst ausführlich. Auch auf die Nomographie wird kurz eingegangen. [E 1706] W. Schmidt

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. VI. Bd. 1. H. Herausgeg. von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns. Berlin 1927, Julius Springer. 325 S. m. zahlr. Abb. Preis 30 *RM*.

Das Buch schließt sich an Vielseitigkeit und Wissenschaftlichkeit den bereits erschienenen Veröffentlichungen würdig an. Aus dem Inhalt seien nur einige Themen herausgegriffen: Lösung technischer Potentialaufgaben mittels des Prinzips der räumlichen Spiegelung — Der selbständige Asynchrongenerator — Über rechteckige Verstärkungskurven — Sonnenbrand und Sonnenbräunung — Die Hauterythemdosis (H. E. D.) als biologisches Maß der Strahlenwirkung — Beiträge zur Frage des Kesselsteines und seiner Verhütung — Raumgitteranalyse von Kaliumsulfat und Kaliumselenat — Experimentalbeiträge zur Raumakustik — Beziehungen zwischen Bearbeitung, Struktur und Ertrag des Ackerbodens.

Es ist sehr zu begrüßen, daß solche Arbeiten von allgemeinem Wert bei der Industrie durchgeführt und daß ihre Ergebnisse auch veröffentlicht werden.
[E 1696] Pa.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. 306. H.: **Über die Spannungsverteilung in Stangenköpfen.** Von Josef Mathar. Berlin 1928, VDI-Verlag. 23 S. m. 57 Abb. Preis 3,75 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 3,40 *RM*.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. 304. H.: **Dauerversuche zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften, Beziehungen zwischen Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeit.** Von E. Becker und O. Föppl. Berlin 1928, VDI-Verlag. 28 S. m. 39 Abb. und 12 Zahlentafeln. Preis 4,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4 *RM*.

Die Verwendbarkeit der Röntgenverfahren in der Technik. Von C. Kantner und A. Herr. Berlin 1928, VDI-Verlag. 77 S. m. 107 Abb. Preis 4,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4 *RM*.

Mathematische Strömungslehre. Von Wilh. Müller. Berlin 1928, Julius Springer. 239 S. m. 137 Abb. Preis 19,50 *RM*.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. 2. Bd., 1. Lfg. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. 404 S. m. 187 Abb. Preis 37,50 *RM*.

Einführung in die theoretische Physik. 1. Bd.: **Einführung in die allgemeine Mechanik.** Von Max Planck. 4. Aufl. Leipzig 1928, S. Hirzel. 226 S. m. 43 Abb. Preis 8 *RM*.

Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Herausgeg. von Emil Abderhalden. 3. Abt. T. A., 6. H.: **Elektronen- und Ionenröhren.** Von Ferdinand Scheminzky. Berlin und Wien 1928, Urban & Schwarzenberg. S. 931 bis 1372 m. 239 Abb. Preis 25 *RM*.

Sammlung Göschen, 65. Bd.: **Analytische Geometrie der Ebene.** Von Robert Haußner. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 164 S. m. 60 Abb. Preis 1,50 *RM*.

Übersicht über Kinematik, Mechanismen und Vorschaltgetriebe. Von H. J. Knab. Nürnberg 1928, Selbstverlag. 127 S. m. 935 Abb. Preis 9,50 *RM*.

Sammlung Göschen, 113. Bd.: **Allgemeine chemische Technologie.** Von H. Bausch. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 155 S. Preis 1,50 *RM*.

Kraftfahrkunde. 1. T.: Der Motor. Von O. Bierhoff, H. Dehmlow und H. Bausler. Köln 1928, M. Du Mont-Schauberg. 172 S. m. 207 Abb. Preis 3 *RM*.

Die Mörtelbindestoffe: Zement, Kalk, Gips. 4. Aufl. Von Schoch: Die Aufbereitung der Mörtelmaterialien. Herausgeg. von H. Nitzsche. Berlin 1928, Verlag der Tonindustrie-Zeitung. 796 S. m. 404 Abb. Preis 44 *RM*.

Taschenbuch für Bauingenieure. Herausgeg. von Max Foerster. 5. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 1. Bd.: 1115 S. m. Abb. 2. Bd.: 1422 S. m. Abb. Preis zusammen 42,50 *RM*.

Bauen in Frankreich, Eisen, Eisenbeton. Von Siegfried Giedion. Leipzig und Berlin 1928, Klinkhardt & Biermann. 127 S. m. 139 Abb. Preis 10,50 *RM*.

Die Berechnung von Fachwerkkranträgern mit biegungsfestem Obergurt. Von Günter Worch. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 99 S. m. 66 Abb. Preis 6,50 *RM*.

Bericht über die XXX. Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins (E. V.) am 17., 18. u. 19. März 1927. Oberkassel, Siegkreis, 1928, Deutsch. Beton-Verein (E. V.). 488 S. m. Abb. Preis 5 *RM*.

Die Biegungsmomente der Verkehrsbelastung. Von Karl Kaufmann. Hamburg 1928, Boysen & Maasch. 80 S. m. 19 Abb. Preis 3,50 *RM*.

Die statische Berechnung des Straßenoberbaues. Von G. Fischer. Halle (Saale) 1928, Martin Boener. 50 S. m. 14 Abb. Preis 4 *RM*.

Der wirtschaftliche Baubetrieb. Von Otto Rode. Berlin 1928, Bauwelt-Verlag. 182 S. m. Abb. Preis 5,60 *RM*.

Kraftwerksbauten. Herausgeg. von den Siemens-Schuckertwerken, A.-G. Berlin 1928, VDI-Verlag. 101 S. m. Abb Preis 5 *RM*.

25 Jahre Entwicklung Siemens-Schuckertwerke 1903 bis 1928. Von Carl Köttgen. 41 S. m. Abb. Berlin 1928, Privatdruck. Im Buchhandel nicht erhältlich.

Die physikalischen Grundlagen der Rundfunktechnik. Von F. Weichart. 1. T. 2. Aufl. Berlin 1928, Weidmannsche Buchhandlung. 128 S. m. 98 Abb. Preis 3 *RM*.

Die Selbstanfertigung von Radioapparaten mit 1 bis 7 Röhren. Von R. Krüger. 10. Aufl. Berlin 1928, Rich. Carl Schmidt & Co. 153 S. m. 86 Abb. Preis 3 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 4. AUGUST 1928 Nr. 31

Das neue Kältelaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt)

Von Walther Meißner, Berlin-Charlottenburg

Einrichtungen des neuen Kältelaboratoriums — Anlage für 20 l/h flüssigen Stickstoff oder 7 l/h flüssigen Sauerstoff — Anlage für 10 l/h Wasserstoff — Einrichtungen zur Neon-Helium-Trennung und Heliumreinigung — Anlage für etwa 2,5 l/h flüssiges Helium — Einrichtung des Laboratoriumsgebäudes — Mittel für den Bau und die Einrichtungen — Gastarbeiten am Kältelaboratorium

Seit dem Jahre 1913 wird in der Reichsanstalt mit flüssigem Wasserstoff gearbeitet[1]). 1923 wurde die ursprüngliche kleine Wasserstoff-Verflüssigungsanlage, bei der man einen Nernstschen Verflüssiger für ½ l/h flüssigen Wasserstoff benutzte, durch eine größere Anlage für 5 l/h Flüssigkeit ersetzt. Mit Hilfe der so zur Verfügung stehenden größeren Mengen flüssigen Wasserstoffs, die auch in andern Laboratorien der Reichsanstalt und von wissenschaftlichen Gästen ausgenutzt wurden, gelang 1925[2]) die Einrichtung einer Helium-Verflüssigungsanlage, so daß seitdem auch Messungen im Temperaturgebiet des flüssigen Heliums bis herunter zu 1,2° abs, angestellt werden konnten[3]), die vorher nur in Leiden und Toronto (Kanada) möglich waren.

Die Wasserstoff- und Helium-Verflüssigungsanlagen waren zunächst in behelfsmäßigen Räumen untergebracht, die klein und auch besonders hinsichtlich der Sicherheitsmaßnahmen unzulänglich waren. Im Laufe des Jahres 1927 ist ein neuerbautes Kältelaboratorium[4]) in Betrieb genommen worden, in dem auch eine Anlage für 20 l/h flüssigen Stickstoff Aufnahme fand. Die neue Wasserstoff-Verflüssigungsanlage ist für 10 l statt 5 l/h eingerichtet, während die Helium-Verflüssigungsanlage wesentlich unverändert überführt wurde.

[1]) W. Meißner, Verhdl. d. deutsch. Phys. Ges. Bd. 15 (1913) S. 540.
[2]) W. Meißner, „Naturwissenschaften" Bd. 13 (1925) S. 695.
[3]) W. Meißner, Phys. Z. Bd. 26 (1925) S. 689, Z. f. Phys. Bd. 38 (1926) S. 647, Phys. Z. Bd. 27 (1926) S. 725, Z. f. d. ges. Kälte-Industrie Bd. 34 (1927) S. 197.

Abb. 1
Das neue Kältelaboratorium.

Abb. 2 bis 4
Grundriß des Kältelaboratoriums.

a Werkstatt
b Betriebsleiter
c Wasserstoffbehälter
d Wasserstoffverflüssiger
e Pumpen
f Luftverflüssiger
g Anbau für Wasserstoffflaschen
h Heliumverflüssiger
i Heliumbehälter
k Laboratorium
l Akkumulatoren

Abb. 1 gibt eine Ansicht des Kältelaboratoriums, während Abb. 2 bis 4 die Grundrisse seiner drei Geschosse zeigen. Es enthält:

1. Ein Werkstattgebäude mit einem Zeichen- und Geschäftsraum für den Betriebsleiter.

2. Einen großen Maschinenraum, in dem die Anlage zur Gewinnung von flüssigem Stickstoff, die Wasserstoff-Verflüssigungsanlage sowie Vakuumpumpen zum Absaugen von Wasserstoffdampf aufgestellt sind.

3. Zwei kleine Anbauten für einen Wasserstoffbehälter von 10 m³ Fassungsvermögen und für Stahlflaschen mit verdichtetem Wasserstoff.

4. Einen kleinen Maschinenraum, in dem die Helium-Verflüssigungsanlage aufgestellt ist.

5. Ein zweistöckiges, unterkellertes Gebäude mit Geschäfts- und Laboratoriumsräumen. Ober- und Kellergeschoß sind durch Treppen mit dem Helium-Verflüssigungsraum verbunden. Im Kellergeschoß befindet sich hauptsächlich ein Akkumulatorenraum und eine Heizanlage. Vom Keller führt ein begehbarer Schacht zum Hauptgebäude und zum Starkstromgebäude der Reichs-

[4]) Vergl. auch W. Meißner, VDI-Nachrichten (1927) Nr. 50; in dieser Notiz sind auch drei Abbildungen der Verflüssigungsanlagen enthalten sowie genauere Angaben über die geschichtliche Entwicklung, die sich hauptsächlich an die Namen Linde, Kamerlingh Onnes, Nernst knüpft.

anstalt. Durch diesen Schacht laufen Heizrohre und elektrische Kabel. Das zweite Stockwerk mit vier Räumen ist besonders auch zur Aufnahme von wissenschaftlichen Gästen, die Versuche bei tiefsten Temperaturen ausführen wollen, bestimmt.

Mit Rücksicht auf die umfangreichen Arbeiten mit flüssigem Wasserstoff sind im Laboratorium besondere Sicherheitsmaßregeln getroffen. Allerdings ist man dabei nicht in allen Punkten so weit gegangen, wie bei der Wasserstoff-Verflüssigungsanlage in Leipzig[5]), bei der in Anlehnung an die Einrichtungen im Leidener Kältelaboratorium[6]) die Elektromotoren wegen der an ihnen auftretenden Funken in einem besonderen Raum laufen, aus dem nur die Achsen herausführen.

Diese Anordnung wäre bei den vielen anzutreibenden Maschinen des Laboratoriums auf Schwierigkeiten gestoßen; ferner bietet sie auch keine unbedingte Sicherheit gegen Entzündung von Wasserstoff; auch ohne Gegenwart von Feuer oder Funken entzündet sich der Wasserstoff von selbst, wenn er unter Druck aus Undichtigkeiten ausströmt und geringe Beimengungen von Wasser oder festen Teilchen (z. B. Eisenoxyd) enthält. Dies beruht auf elektrischer Aufladung der festen oder flüssigen Teilchen und Funkenbildung[7]). Plötzliches Ausströmen von Wasserstoff kann auftreten infolge plötzlichen Freiwerdens des verstopften Expansionsventils und Springen des Gefäßes mit flüssigem Wasserstoff, wobei infolge der plötzlichen Verdampfung des Wasserstoffes hoher Druck entsteht.

Außerdem kann man das Auftreten von Funken an den Motoren fast ganz vermeiden: In den Maschinenräumen wurden nur Drehstrommotoren mit Schleifringankern, an denen nur etwa 100 V Spannung liegt, verwendet. Die Hauptschalter des Feldes, das mit 500 V Drehstrom erregt wird, befinden sich nicht in den Maschinenräumen, sondern auf einer Schalttafel in der Werkstatt, so daß auch beim plötzlichen Ausschalten der Motoren keine Funken in den Maschinenräumen auftreten. Funken an den Riementrieben, die bei Verwendung von hölzernen Riemenscheiben entstehen, wenn man nicht die Riemen durch Einreiben mit Graphit-Fett-Mischung leitend macht, wurden durch Verwendung von eisernen Riemenscheiben völlig vermieden.

Vor allem aber ist in den Maschinenräumen für eine kräftige Lüftung gesorgt: Dicht über dem Fußboden wird im großen Maschinenraum an zwei Stellen, im kleinen an einer Stelle, durch Öffnungen in der Mauer Frischluft angesaugt und in die Räume gedrückt; diese Luft entweicht oben im Dachaufsatz durch Klappen, s. Abb. 1, so daß sich die Luft in den mehr als 7 m hohen Maschinenräumen stündlich viermal erneuert. Im Winter wird die von außen angesogene Luft über Dampfheizkörper geleitet und dient dann gleichzeitig zur Heizung der Maschinenräume.

Wird nicht mit Wasserstoff gearbeitet, so können die Luftheizapparate, die von Danneberg & Quandt, Berlin, geliefert sind, von Frischluft auf Umluft umgestellt werden, so daß die Luft nicht von außen, sondern aus den Räumen angesogen und an Dampf gespart wird. Bei den geschilderten Arten der Lüftung wird die an sich infolge des Auftriebs vorhandene Aufwärtsbewegung etwa ausströmenden Wasserstoffs begünstigt. Etwa an den Motoren dicht am Fußboden auftretende Funken können also auch bei Wasserstoffausströmung wegen der Lüftung sehr schwer wirksam werden.

Aus Gründen der Sicherheit sind der Wasserstoffbehälter für 10 m³, sowie die Stahlflaschen mit Wasserstoff in den erwähnten besondern Anbauten untergebracht, die Abb. 1 und 2 zeigen. Von diesen Anbauten führen Leitungen durch Öffnungen in den Mauern zu den Verflüssigungsanlagen.

Für den Fall aber, daß wider Erwarten doch einmal eine kleine Wasserstoffexplosion stattfinden sollte, sind noch folgende Sicherungen getroffen: Die Eingangstür[en] zum Maschinenraum und zum Laboratoriumgebäude si[nd] nicht verriegelt, sondern werden nur durch Kug[el]schnepper, also nur durch Federdruck gehalten, so d[aß] sie sich bei geringem inneren Überdruck nach auß[en] öffnen und als Sicherheitsventile wirken. Auch sind d[ie] Verbindungstüren zwischen Maschinenräumen, Werksta[tt] und Laboratoriumgebäude als Pendeltüren ausgebild[et]. Ferner sind die in Abb. 1 sichtbaren Lüftklappen [im] Dachaufsatz so angeordnet, daß sie nur durch ihr G[e]wicht geschlossen gehalten werden, sich also bei innere[m] Überdruck öffnen. Schließlich ist noch das leichte Da[ch] des mittleren Dachaufsatzes nur so lose befestigt, d[aß] es sich bei etwas größerem Überdruck als ganzes leic[ht] abheben kann.

Im folgenden sind die Einrichtungen des Kältelabor[a]toriums im einzelnen beschrieben.

1. Anlage zum Verflüssigen von Stickstoff und Sauersto[ff]

Das Schema der von der Linde-Gesellschaft unter He[r]anziehung der Heylandt-Gesellschaft entsprechend d[en] Wünschen der Reichsanstalt gelieferten Anlage ist a[us] Abb. 5 zu ersehen. Die Luft wird bei a über ein Stau[b]filter b angesogen und von dem einstufigen Kompressor für 110 m³/h Ansaugleistung auf 200 at verdichtet. An d[en] Kühlern zwischen den einzelnen Stufen sind Abscheid[er] d_1 bis d_3 für Wasser und Öl angebracht, hinter der letzt[en] Stufe ferner ein Abscheider d_4, sowie ein Ätzkalirohr zur Beseitigung der Kohlensäure und der Feuchtigke[it]. Bei f wird die komprimierte Luft auf verschiedene We[ge] geleitet, je nachdem man flüssigen Stickstoff oder flüssig[en] Sauerstoff herstellen will.

RZ 1684 Z 5

Abb. 5
Schema der Anlage zum Verflüssigen von Stickstoff und Sauerstoff.

a Luftansaugstelle
b Staubfilter
c Kompressor
d_1 bis d_5 Abscheider für Wasser und Öl
e Ätzkalirohr
f Abzweig für die komprimierte Luft
g_1 bis g_8 Ventile
h Heylandtsche Expansionsmaschine
i Eintritt der entspannten Luft
k Gegenströmer
l Eintritt der Druckluft (200 at) in den Gegenströmer
m Austritt der Dämpfe
n Austritt der von i kommenden Luft
o Lufteintritt in p_1
p_1 bis p_3 Gefäße
q Drucksäule
r Luftaustritt
s Lufteintritt in t
t schraubenförmig gewundener Kondensator
u, u_1 Lufteintritt in q
v Ableitung eines Teils der flüssigen Luft
w Einführung der fl. sauerstoffreichen Luft in p_3
x Kondensator
y Abzug für Dämpfe
z Dämpfeeintritt in k

Stickstoffgewinnung

Ventil g_1 wird geöffnet, und etwa die Hälfte d[er] Druckluft wird durch Einregeln des gesteuerten Ei[n]laßventils in die Heylandtsche Expansionsmaschine geleitet, wo sie von 200 auf etwa 3 at Überdruck unt[er] Leistung äußerer Arbeit expandiert und sich dabei v[on] Zimmertemperatur auf etwa — 115° abkühlt. Die L[uft]

[5]) J. E. Lilienfeld, Z. f. kompr. u. flüss. Gase Bd. 13 (1911) S. 165 und 185.
[6]) H. Kamerlingh Onnes, Comm. Leiden (1906) Nr. 94 u. f.
[7]) Vergl. z. B. Nusselt, Z. Bd. 66 (1922) S. 203; Pothmann, Z. Bd. 66 (1922) S. 938.

stung der Expansionsmaschine — im vorliegenden Fall etwa 5 PS — wird durch Riementrieb auf den Kompressor übertragen. Der Kolben der Heylandtschen Expansionsmaschine ist durch Ringe abgedichtet und wird mit gewöhnlichem Maschinenöl geschmiert. Dies ist möglich, weil nur der vordere Teil des Zylinders, an dem sich das Auslaßventil befindet, kalt wird. Die auf etwa 3 at entspannte Luft tritt über einen Ölabscheider d_5 bei i in den Gegenströmer k des Rektifikationsapparates ein.

Der andere Teil der Druckluft strömt von f durch das Ventil g_2 und tritt bei l mit vollem Druck, also 200 at, in den Gegenströmer k ein. Der der Rektifikationssäule nicht flüssig entnommene Teil der bei l und i eintretenden Luft — beim Arbeiten auf flüssigen Stickstoff etwa vier Fünftel — entweicht bei m mit einer zwischen 0 ° und Zimmertemperatur liegenden Temperatur mit etwa 1 at abs ins Freie.

Die Vorgänge im Rektifikationsapparat sind folgende: Die in der Expansionsmaschine auf etwa 3 at entspannte Luft, die bei i in den Gegenströmer k eintritt, durchläuft den unterhalb i liegenden Teil desselben, tritt bei n aus und bei o in das unterste Gefäß p_1 der Drucksäule q, in der also etwa 3 at Überdruck herrschen. Der andre Teil der Luft, der bei l in den Gegenströmer mit 200 at eintritt, läuft durch den gesamten Gegenströmer, tritt bei r aus, sodann bei s in das schraubenförmig gewundene Rohr t ein, das im Beharrungszustand im Gefäß p_1 von sauerstoffreicher Luft umgeben ist, wobei sich die Druckluft verflüssigt.

Die flüssige Luft wird sodann durch Ventil g_3 (Ventil g_4 bleibt geschlossen) auf etwa 3 at entspannt und bei u in die Drucksäule geleitet. Bei der Drosselentspannung im Ventil g_3 tritt Kälteleistung auf. Vor Eintritt des Beharrungszustandes, d. h. bevor sich in p_1 flüssige Luft angesammelt hat, kühlt sich die Luft beim Entspannen im Ventil g_3 ab, bis allmählich flüssige Luft gebildet wird. Von der in p_1 angesammelten Luft wird ein Teil an den Wandungen von t verdampft und steigt als Dampf in der Drucksäule q aufwärts. Ein andrer Teil wird bei v in ein Rohr geleitet, im Ventil g_5 (g_7 bleibt geschlossen) auf 1 at entspannt und bei w in das Gefäß p_3 gegeben, in dem 1 at Druck herrscht.

Diese flüssige sauerstoffreiche Luft umspült die Rohre des Kondensators x, der zur Drucksäule q gehört. In den Kondensatorrohren werden die aufsteigenden Luftdämpfe, sowie sie oben anlangen, verflüssigt, da ihr Kondensationspunkt unter 3 at Druck höher liegt als die Temperatur der unter 1 at stehenden, die Kondensationsrohre kühlenden sauerstoffreichen Luft. Die kondensierte Flüssigkeit rieselt über die Füllung von q langsam abwärts und wäscht dabei aus den aus p_1 aufsteigenden Dämpfen den Sauerstoff aus, der also nach p_1 abfließt, während die aufsteigenden Dämpfe zufolge der Verdampfung des Stickstoffs der herabrieselnden Flüssigkeit allmählich stickstoffreicher werden, so daß die im Kondensator niedergeschlagenen Dämpfe im Beharrungszustand nahezu aus reinem Stickstoff bestehen, während die sich in p_1 sammelnde und zum Teil nach p_3 geleitete Flüssigkeit sauerstoffreich ist. Von dem sich in p_2 sammelnden flüssigen Stickstoff, der zum größten Teil auf die Drucksäule überläuft, wird ein Teil, bei der vorliegenden Anlage etwa 20 l/h, durch das Ventil g_8 abgezapft.

Die in p_3 gebildeten Dämpfe ziehen bei y ab, treten bei z in das untere Ende des Gegenströmers ein, strömen durch ihn entgegen dem Lauf der komprimierten Luft und verlassen ihn bei m mit einer etwas unter Zimmertemperatur liegenden Temperatur.

Es ist grundsätzlich bei Verwendung einer Expansionsmaschine auch bei vollkommen wirkendem Gegenströmer nicht möglich, daß die bei m austretenden Dämpfe genau die Temperatur der bei l eintretenden Druckluft haben, da in den Druckrohren nur etwa halb so viel Luft hinströmt wie in dem umgebenden Niederdruckrohr zurückströmt. Nach Hausen[8]) soll bei günstigster Verteilung der Druckluft auf Expansionsmaschine und Gegenströmer 55 vH Luft durch die Expansionsmaschine) und bei — 115 ° am Austritt aus dem Expansionszylinder zwischen m und l ein Temperaturunterschied von etwa 3 ° vorhanden sein. Praktisch wird diese Grenze nicht erreicht; der auftretende Temperaturunterschied beträgt bei der beschriebenen Anlage etwa 15 °.

[8]) Z. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 32 (1925) S. 117.

Der Stand der Flüssigkeiten in p_1, p_2 und p_3 kann an Flüssigkeitsstandzeigern (Hampsometern) abgelesen und die Ventile g_3, g_5 und g_8 müssen so eingeregelt werden, daß überall Druck und Flüssigkeitsstand konstant bleiben. Der so gewonnene flüssige Stickstoff enthält im Beharrungszustand nur etwa 3 vH Sauerstoff.

Vom Beginn der Expansion durch g_3 bis zur Bildung von Flüssigkeit in p_2 vergehen etwa 100 min.

Sauerstoffgewinnung

Hierbei muß man die Expansionsmaschine ausschalten, da sonst gewöhnliche Luft in das Gefäß p_1 geleitet, also ein hoher Reinheitsgrad des flüssigen Sauerstoffs unmöglich gemacht wird. Es wird daher das Ventil g_1 geschlossen und die gesamte Druckluft über l geleitet. Ferner braucht man bei der Sauerstoffgewinnung nicht 3 at Druck in der Drucksäule. Vielmehr wird das Ventil g_6 oberhalb des Kondensators x ganz geöffnet, so daß die oberhalb q abziehenden Dämpfe über x, y und z in den Gegenströmer eintreten. Die verdichtete und im Beharrungszustand in t verflüssigte Luft wird nicht durch g_3 und u, sondern durch g_4 nach u_1 entspannt, so daß die flüssige Luft vom oberen Ende von q über die Füllung der Drucksäule nach unten rieselt, wobei infolge der von unten entgegenziehenden Sauerstoffdämpfe der Stickstoff der Luft fast ganz verdampft und durch flüssigen Sauerstoff ersetzt wird. Der Kondensator und das Flüssigkeitsbad in p_3 kommen also bei der Herstellung von flüssigem Sauerstoff nicht zur Verwendung.

Von der in p_1 gebildeten Flüssigkeit kann so viel, daß der Flüssigkeitsstand konstant bleibt, durch Ventil g_7 nach außen abgelassen werden, bei der vorliegenden Anlage etwa 7 l/h. Die gewonnene Flüssigkeit enthält nur etwa 3 vH Stickstoff.

Arbeitet man wie bei der Gewinnung von flüssigem Sauerstoff, entspannt aber nicht durch g_4 nach u_1, sondern durch g_3 nach u, so erhält man, da die Rektifikationssäule fast ganz ausgeschaltet ist, nicht flüssigen Sauerstoff, sondern flüssige Luft nahezu normaler Zusammensetzung. Man kann dann — ohne Druck in der Drucksäule — auch die Expansionsmaschine mitarbeiten lassen und erhält durch g_7 etwa 20 l/h wenig sauerstoffreiche Luft, was in manchen Fällen auch erwünscht ist.

2. Anlage zum Verflüssigen von Wasserstoff

Ein wesentlicher Unterschied dieser Anlage, Abb. 6, gegenüber der Anlage für flüssigen Stickstoff besteht darin, daß ein geschlossener Wasserstoffkreislauf vorhanden ist und der Wasserstoff mit flüssigem Stickstoff vorgekühlt wird. Die Verflüssigung erfolgt dann wieder nach dem Lindeschen Verfahren.

Der Wasserstoff wird Stahlflaschen a_1, die sich, wie bereits oben erwähnt, in einem besonderen Anbau befinden, entnommen und mit Hilfe des fein einstellbaren Spitzenventils b_3 bei geschlossenem Ventil b_5 bei c in den Kompressor d und bei geöffnetem Ventil b_4 in den Gasbehälter e, der sich ebenfalls in einem besonderen Anbau befindet, eingelassen. Nach Kompression auf etwa 175 at durchläuft der Wasserstoff bei geöffnetem Ventil b_6 einen Ölabscheider f sowie ein (mit Ätzkali gefülltes) Trockenrohr g und tritt bei h in den eigentlichen Verflüssiger ein, auf den weiter unten näher eingegangen ist.

Der auf 1 at abs entspannte und nicht verflüssigte Teil des Wasserstoffs verläßt den Verflüssiger mit Zimmertemperatur bei i und strömt nach c zurück, um wieder von neuem komprimiert zu werden. Der zur Vorkühlung dienende flüssige Stickstoff wird aus der Vakuummantel-Flasche a_2 mit Hilfe des Vakuummantel-Hebers k_1 zugeführt. Der verdampfte Stickstoff verläßt über Gegenströmer den Verflüssiger bei l, und zwar nahezu mit Zimmertemperatur und unter einem Druck von nur wenigen Zentimetern Quecksilbersäule; er wird nämlich mit Hilfe der großen Vakuumpumpe m abgesaugt. Da der flüssige Stickstoff

a_1 Stahlflaschen mit gasf. Wasserstoff
a_2 Flasche mit fl. Stickstoff
a_3 Flasche für fl. Wasserstoff
b Drosselventil zur Entspannung des Wasserstoffs
b_1 bis b_{11} Ventile
c Gaseintrittstelle
d Kompressor
e Gasbehälter
e_1, e_2, e_3 Gegenströmer
f Ölabscheider
g Trockenrohr
h Eintritt des Wasserstoffs in den Verflüssiger
i Austritt gasf. Wasserstoffs aus dem Verflüssiger
k_1, k_2 Vakuummantel-Heber
l Austritt des verdampften Stickstoffs aus dem Verflüssiger
m Vakuumpumpe
n Verflüssigungsstelle des Wasserstoffs
o_1, o_2, o_3 Neusilbermantel
p Ventilstange
q_1, q_2 Vakuummantel-Gefäß
r_1 Eisenmantel
r_2 Messingkapsel
s luftdichte Verschraubung
u Austritt des verdichteten Wasserstoffs aus e_1
v Eintritt des verdichteten Wasserstoffs in e_2
w Austritt des verdichteten Wasserstoffs aus e_2
x bifilar gewundenes Rohr
y Eintritt in Gegenströmer e_3
z Austritt des nicht verflüssigten Wasserstoffs aus q_2
z_1 Eintritt des nicht verflüssigten Wasserstoffs in e_2
z_2 Austritt des nicht verflüssigten Wasserstoffs aus e_2
z_3 Eintritt des Wasserstoffs in e_1
z_5, z_6, z_7 Strömungsstellen des Stickstoffs in e_2 und e_1

Abb. 6
Schema der Anlage zum Verflüssigen von Wasserstoff.

hiernach unter starkem Unterdruck siedet und demgemäß aus a_2 durch k_1 hindurch angesaugt wird, kann man seinen Zufluß durch Einstellen des in den Heber k_1 eingeschalteten Hahnes b_1 einregulieren. Der bei n verflüssigte Wasserstoff wird durch den Vakuummantel-Heber k_2 in Vorratflaschen a_3 abgelassen. Da der Wasserstoff bei n einige Zehntel Atmosphären Überdruck hat, braucht man zum Ablassen des flüssigen Wasserstoffs nur den Hahn b_2, der in den Heber k_2 eingeschaltet ist, zu öffnen.

Dadurch, daß der Gasbehälter e angeschlossen ist, wird der Druck in der Niederdruckleitung selbsttätig konstant gehalten. Man braucht nur ab und zu durch vorsichtiges Öffnen des Ventils b_3 so viel Wasserstoff, wie verflüssigt worden ist, in den Gasbehälter einzulassen. Vor Inbetriebnahme wird die ganze Anlage bei geschlossenen Ventilen b_4 und b_{10} durch Öffnen von b_{11} mittels der Pumpe m evakuiert. Außerdem kann sie bei geschlossenem Ventil b_7 und geöffnetem Ventil b_8 (von diesem führt eine Leitung ins Freie) mit Wasserstoff ausgespült werden. Falls b_{10} geschlossen ist, wird b_9 geöffnet, so daß der verdampfende Stickstoff unter 1 at Druck ins Freie strömt.

Nach Schluß der Verflüssigung kann der Wasserstoff bei geschlossenem Ventil b_6 und geöffnetem Ventil b_5 aus dem Gasbehälter e usw. mittels des Kompressors in die Flaschen a_1 zurückgedrückt werden. Der Gasbehälter enthält als Sperrflüssigkeit Öl. Nach besonderen Versuchen ist die Diffusionsgeschwindigkeit durch das verwendete Öl so gering, daß bei tief eintauchender Glocke auch in einigen Tagen nur eine vernachlässigbar geringe Verunreinigung des Wasserstoffs durch Luft eintritt.

Der eigentliche Verflüssiger hat drei Gegenströmer e_1, e_2, e_3, die schraubenförmig um die Achse des ganzen Apparates verlaufen. Am unteren Ende von e_3 findet bei n im Drosselventil b die Entspannung des komprimierten Wasserstoffs statt. Der oberste Gegenströmer e_1 besteht aus zwei ineinandergesteckten Rohren. Durch das innere (in Wirklichkeit werden mehrere parallel geschaltete innere Rohre verwendet) fließt der komprimierte Wasserstoff nach unten, im Raum zwischen den Rohren der entspannte Wasserstoff nach oben. Über die schraubenförmigen Rohrwandungen ist ein Neusilbermantel o_1 gelötet; in dem so geschlossenen Raum zwischen den Wasserstoff-Niederdruckrohren strömt verdampfter Stickstoff nach oben.

Der zweite Gegenströmer e_2 ist ähnlich angeordnet, nur daß mehrere Wasserstoff-Niederdruckrohre parallel geschaltet sind. Auch er hat einen Neusilbermantel o_2, innerhalb dessen der verdampfte Stickstoff schraubenförmig nach oben strömt. Der unterste Gegenströmer e_3 wird nur von Wasserstoff, nicht von Stickstoff durchflossen. Der komprimierte Wasserstoff strömt durch die parallel geschalteten schraubenförmigen Rohrwindungen von oben nach unten. Der Raum zwischen den Rohrwindungen ist durch den Neusilbermantel o_3 abgeschlossen; in ihm strömt der bei n im Ventil b mit Hilfe der Ventilstange p entspannte Wasserstoff, soweit er nicht verflüssigt ist, nach obe zurück. e_3 ist von einem Vakuummantel-Gefäß q_2 umgeben in dem sich der verflüssigte Wasserstoff sammelt und da in der Reichsanstalt aus Metall angefertigt wurde. steckt in einer zugelöteten Messingkapsel r_2. Diese i von flüssigem Stickstoff umgeben, der sich im Vakuum gefäß q_1 befindet, das ebenfalls in der Reichsanstalt au Metall hergestellt wurde. Der ganze Verflüssiger ist in eine Eisenmantel r_1 eingebaut, dessen unterer Teil mit de oberen bei s luftdicht verschraubt ist. r_1 wird durch d Pumpe m beim Absaugen der Stickstoffdämpfe evakuier Der obere Teil von r_1, in dem e_1 liegt, ist zum Wärmeschu mit Seidenzupf gefüllt.

Der Strömungsvorgang im Verflüssiger ist entspre chend dem Vorstehenden also folgender: Der komprimier Wasserstoff tritt bei h ein, durchläuft den Gegenströmer bis u, tritt bei v in den Gegenströmer e_2, bei w aus ih aus, wird in dem bifilar gewundenen Rohr x, das in flü sigem Stickstoff steckt, vorgekühlt, tritt bei y in den unte sten Gegenströmer e_3 und wird schließlich bei n im Dro selventil b auf etwa 1,3 at abs entspannt. Der nicht verflü sigte Teil des entspannten Wasserstoffs strömt zwische den Druckrohren von e_3 schraubenförmig zurück bis tritt bei z_1 in das Niederdruckrohr von e_2 ein, bei z_2 a ihm aus, strömt durch die Niederdruckrohre des Gege strömers e_1 von z_3 bis i und dann nach c zum Kompre sor zurück. Der flüssige Stickstoff strömt bei z_5 zu u wird an x verdampft. Der Stickstoff streicht zwischen d Rohrwindungen von e_2 schraubenförmig nach oben, tr bei z_6 aus e_2 aus, bei z_7 in e_1 ein und verläßt den Ve flüssiger bei l unter der Saugwirkung der Pumpe m.

In der nur schematischen Abbildung 6 sind alle Ei zelheiten, wie Sicherheitsventile, Manometer, Vakuu meter, Anzeigevorrichtungen für den Stand von flüssig Luft und flüssigem Wasserstoff u. dergl. fortgelassen.

Beim Entwurf der Gegenströmer e_2 und e_3 mit parall geschalteten Rohren lag folgende Schwierigkeit vor: D Rohr mit kleinerem Windungsradius ist erheblich kürz und bietet dementsprechend weniger Strömungswiderstan so daß durch dieses Rohr viel mehr Wasserstoff ström würde als durch das Rohr mit größerem Windungsradi wodurch der Wärmeaustausch im Gegenströmer ungünst werden würde. Diese Schwierigkeit wurde dadurch beh ben, daß in der Mitte des Gegenströmers das Rohr v kleinerem Halbmesser herausgebogen und in weiteren Wi dungen weitergeführt und umgekehrt das bisher äuße Rohr nach innen verlegt wurde. Die Gesamtlängen u Strömungswiderstände beider Rohre sind daher nahe gleich.

Das gleiche Prinzip läßt sich bei mehr als zwei par lel gelegten Rohren anwenden. Gegenströmer nach der A von e_3 haben vor der Hampsonspirale den Vorzug ei facherer Herstellung. Außerdem ist bei ihnen die St mung des entspannten Gases genauer festgelegt und wid

standfreier, so daß der Gegenströmer der Berechnung auf Wärmeaustausch besser zugänglich ist und der Druckabfall in ihm gering gehalten werden kann.

Eine Hauptschwierigkeit der Wasserstoff-Verflüssigung liegt darin, daß der käufliche Wasserstoff noch etwas Verunreinigungen, meist Sauerstoff und Stickstoff, enthält. Bei dem elektrolytischen Wasserstoff der Chemischen Fabrik Heyden, der allein für die Verflüssigung verwendet wird, betragen die Verunreinigungen in der Regel allerdings nur wenige Tausendstel, so daß sich das Expansionsventil nur selten mit ausgefrorener, fester Luft verstopft. Um auch bei etwas größerem Luftgehalt des Wasserstoffs, der bisweilen vorkommt, ungestört arbeiten zu können, sind folgende Maßregeln getroffen:

Dicht vor dem Ventil b ist in die Hochdruck-Wasserstoffleitung ein Abscheidegefäß von rd. 20 cm³ Inhalt eingeschaltet, aus dem eine Ausblasleitung nach oben aus dem Verflüssiger herausführt. Die Leitung ist außerhalb des Verflüssigers mittels eines Ventils verschlossen. In dem Abscheidegefäß sammelt sich die Hauptmenge der ausgefrorenen Luft; sie kann von Zeit zu Zeit ausgeblasen werden, indem man das Ventil der Ausblasleitung öffnet. Das Ausblasen ist meist nur zu Anfang erforderlich, wo die ganze kreisende Wasserstoffmenge gereinigt wird, während später nur so viel Wasserstoff zukommt, wie verflüssigt wird. Außer der Ausblasvorrichtung ist am Ventil b eine elektrische Heizspule angebracht, damit man das Ventil nötigenfalls auftauen kann, ohne den ganzen Verflüssiger erwärmen zu müssen.

Der Kompressor der beschriebenen Anlage hat eine größte Ansaugleistung von etwa 60 m³/h. Der Verflüssiger wurde früher mit einem Kompressor von 25 m³/h Saugleistung benutzt. Wie sich gezeigt hat, reicht er für die volle Leistung des neuen Kompressors nicht ganz aus. Läßt man den Kompressor mit verminderter Drehzahl laufen, so daß die Ansaugleistung 37 m³/h beträgt, so erhält man im Verflüssiger 10 l/h, nach dem Abhebern etwa 7,6 l/h flüssigen Wasserstoff, während bei weiterer Steigerung der Kompressordrehzahl die Ausbeute an flüssigem Wasserstoff nicht mehr zunimmt. Ein vergrößerter Gegenströmer, der die Saugleistung des Kompressors voll auszunutzen gestattet, ist in Vorbereitung. Der Verbrauch an flüssigem Stickstoff beträgt etwa 2 kg für 1 l flüssigen Wasserstoff. Betreffs der Energiebilanz sei auf die ausführlichen Darlegungen an andern Stellen verwiesen[9]).

Gewinnung von Helium

Das im Kältelaboratorium verwendete Helium ist teils aus Neon-Helium-Gemisch gewonnen, das die Linde-Gesellschaft zur Verfügung stellte, teils durch Reinigung von Rohhelium, das die Auer-Gesellschaft aus Monazitsand gewinnt und zu Selbstkosten lieferte. Das Neon-Helium-Gemisch enthält etwa 75 bis 80 vH Neon, das Rohhelium der Auer-Gesellschaft noch etwa 10 bis 30 vH Verunreinigungen, die aus Luft, Kohlensäure und Wasserstoff bestehen.

Die Trennung des Neon-Helium-Gemisches erfolgte durch Ausfrieren des Neons bei etwa 11° abs. Der normale Siedepunkt des Neons liegt bei etwa 24,5° abs[10]). Bei 15° abs beträgt der Dampfdruck des festen Neons etwa 2 mm Q.-S., so daß er bei 11° abs schon sehr niedrig ist. Zur Kühlung bei 11° abs wurde fester Wasserstoff unter etwa 5 mm Q.-S. benutzt.

Abb. 7 zeigt das Schema der Einrichtung zur Neon-Helium-Trennung. Das Neon-Helium-Gemisch befindet sich unter einem Druck bis zu 50 at in der Stahlflasche a_1 oder kann, falls es mit dem Heliumkompressor verdichtet wird, durch das Ventil b_{12} zugelassen werden. Es empfiehlt sich, die Flasche a_1 nur auf rd. 10 at zu entleeren und den Rest mit dem Kompressor auf höheren Druck zu bringen, da die Trennung bei niedrigem Druck langwierig ist. Von a_1 oder b_{12} führt eine Rohrleitung über Ventil b_3 zum Kondensationsgefäß a_3. An die Rohrleitung ist außerdem eine vorher evakuierte Stahlflasche a_2 für das zu gewinnende Neon angeschlossen.

Von a_3 führt eine zweite Rohrleitung zum Ablassen des Heliums einerseits über Ventil b_6 zur Pumpe c_1 und weiter über Ventil b_{11} zum Gasbehälter d_2, anderseits über Ventil b_5 und ein Rohr e mit glühendem Kupferoxyd über Ventil b_{10} zum Gasbehälter d_1. An diese Leitung ist über ein Ventil b_8 noch das Spektralrohr f angeschlossen, das über Ventil b_9 mittels der Pumpe c_1 evakuiert werden kann. Das Kondensationsgefäß a_3 taucht in flüssigen oder festen Wasserstoff, der sich im Vakuummantel-Gefäß g befindet. Dieses ist vom Metallgefäß h gasdicht umschlossen, so daß der Wasserstoffdampf durch das Rohr k mit Hilfe der Pumpe c_3 abgesogen werden kann. Der Stand des flüssigen Wasserstoffs wird an einer nicht gezeichneten Anzeigevorrichtung abgelesen, und mittels eines Vakuummantel-Hebers kann man aus einer Vorratflasche nach Bedarf flüssigen Wasserstoff nachfüllen. Der Dampfdruck des Wasserstoffs wird am Quecksilber-Manometer l abgelesen, das bei m angeschlossen ist.

Man arbeitet nun folgendermaßen: Zunächst werden bei geschlossenen Ventilen b_{10} und b_{11} nach Öffnen von b_7 mit der Vorpumpe c_2 alle Rohrleitungen evakuiert. Dann wird a_3 in flüssigen Wasserstoff eingetaucht und der Dampfdruck bis auf rd. 0,1 at erniedrigt, so daß der Wasserstoff eben noch flüssig ist. Nunmehr wird, indem man b_3 ruckweise öffnet, Neon-Helium-Gemisch in das Gefäß a_3 eingelassen. Dadurch, daß man das Gas ruckweise einläßt, wird ein Verstopfen durch festes Neon hintangehalten. Sinkt der von n angezeigte Druck beim Öffnen von b_3 nicht mehr, so senkt man den Dampfdruck des Wasserstoffs auf etwa 5 mm Q.-S. Ist der Druck bei geschlossenem Ventil b_1 wieder konstant geworden, so pumpt man durch vorsichtiges Öffnen und Schließen von b_4 zunächst etwas Helium bei geschlossenem Ventil b_5 mittels der Pumpe c_1 bei geöffneten Ventilen b_6 und b_9 in den Gasbehälter d_2, bis im Spektralrohr f die Neonlinien fast völlig verschwunden sind.

Daß zunächst neonhaltiges Helium abgepumpt wird, liegt wohl daran, daß in dem von a_3 zu b_4 führenden Rohr wegen langsamer Diffusion Neon zurückbleibt. Denn das Helium, das weiterhin nach Schließen von b_6 über b_5, e und b_{10} in d_1 langsam eingelassen wird, ist nahezu spektralrein. Dies erkennt man an Proben, die man über b_8 in das Spektralrohr einläßt, das man dann wieder über b_9 mittels c_1 eva-

RZ 1684 Z7

Abb. 7
Einrichtung zur Neon-Helium-Trennung.

a_1, a_2 Stahlflaschen	g Vakuummantel-Gefäß
a_3 Kondensationsgefäß	h Metallgefäß
b_1 bis b_{12} Ventile	i Eintritt des Wasserstoffs in k
c_1 bis c_3 Pumpen	k Rohr
d_1, d_2 Gasbehälter	l Quecksilber-Manometer
e Rohr mit glühendem Kupferoxyd	m Anschluß von l
f Spektralrohr	n Manometer

[9]) W. Meißner, Z. f. Physik Bd. 18 (1923) S. 12, ferner „Erzeugung tiefer Temperaturen und Gasverflüssigung", Handbuch d. Physik Bd. 11, Berlin 1926; W. H. Keesom, 5. Congrès international du froid, Rome 1928, S. 136, Leiden 1928.

[10]) P. G. Catte u. Kamerlingh-Onnes, Comm. Leiden Nr. 152b 1917, Nr. 147c 1915.

kuiert. Ist der Heliumdruck in a_3 auf 1 at gesunken, so schließt man b_4 wieder und läßt weiter Neon-Helium-Gemisch ein und so fort. Ist zum Schluß a_3 nahezu mit festem Neon gefüllt, so wird bei 11° abs noch das Helium bis auf möglichst niedrigen Druck abgepumpt. Sodann wird bei geschlossenem Ventil b_1 und geöffneten Ventilen b_3 und b_2 das Gefäß g mit Wasserstoff entfernt, so daß das feste Neon auftaut und in a_2 hineinverdampft.

Da a_3 gegen a_2 klein ist, bleibt nur wenig Neon in a_3 zurück. Man kann die Kondensation des Neons usw. fortsetzen, bis man in a_2 einen Druck von 30 bis 50 at hat. Das so gewonnene Neon enthält nur wenige Tausendstel Helium. Es wird an die Linde-Gesellschaft zurückgegeben. Früher[11]) war die Trennung des Heliums in einen unreinen und einen reinen Teil nicht vorgenommen worden, so daß das ganze abgepumpte Helium nochmals gereinigt werden mußte. Bei der geschilderten Art des Vorgehens kann das in d_1 gesammelte Helium sofort zur Verflüssigung verwendet werden, und nur das in d_2 befindliche Helium, etwa ⅕ der abgeschiedenen Heliummenge, muß nochmals gereinigt werden. Man kann nach diesem Verfahren an einem Tage etwa 70 l reines Helium gewinnen, wozu etwa 7 l flüssiger Wasserstoff erforderlich sind.

Das von der Auer-Gesellschaft gelieferte Rohhelium, das kein Neon enthält, wird gereinigt, indem man es unter 1 at Druck nacheinander über glühendes Kupferoxyd, über Phosphor-Pentoxyd, durch eine in flüssige Luft getauchte Vorlage und durch eine in flüssigen, unter normalem Druck siedenden Wasserstoff tauchende Vorlage leitet und in einem Glasbehälter auffängt. So werden der Reihe nach Wasserstoff, Wasser, Kohlensäure und Luft beseitigt, und man erhält bei einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 3 l/min nahezu spektralreines Helium. Man kann so bequem 500 l reines Helium an einem Tage gewinnen, wobei nur etwa 7 l flüssiger Wasserstoff verbraucht werden, da das Gas schon vorgekühlt in die Vorlage mit flüssigem Wasserstoff eintritt. Diese Art der Heliumgewinnung ist also sehr viel ergiebiger als die Neon-Helium-Trennung. Trotzdem wird auch die Neon-Helium-Trennung fortgesetzt, da die Reichsanstalt dabei das Helium völlig kostenlos erhält. Der Heliumvorrat des Kältelaboratoriums beträgt etwa 6 m³.

3. Anlage zum Verflüssigen von Helium

Das Schema der gesamten Helium-Verflüssigungsanlage ist in Abb. 8 wiedergegeben. Die Verflüssigung erfolgt, dem Vorgange von Kamerlingh Onnes entsprechend, nach dem Lindeschen Verfahren bei Vorkühlung mit flüssigem Wasserstoff.

Der größte Teil des Heliums wird in Stahlflaschen a_1, der Rest in Gasometern b mit Ölfüllung aufbewahrt. Der Helium-Kompressor c und sämtliche Rohrleitungen für Helium können nach Öffnen des Ventils d_4 mit Hilfe der Kapselpumpe e_1 und der Vorpumpe e_2 bis auf rd. 0,001 mm Q.-S. evakuiert werden. Nach Schließen von d_4 wird durch das Nadelventil d_2 aus a_1 das Helium in Rohrleitungen, Kompressor und Gasometer gelassen. Das mit c komprimierte Helium durchläuft den Ölabscheider f, das Trockenrohr g und tritt bei h in den eigentlichen Verflüssiger ein. Der nichtverflüssigte und entspannte Teil des Heliums verläßt den Verflüssiger nahezu mit Zimmertemperatur bei i und wird bei k vom Kompressor c von neuem angesaugt und komprimiert.

Die flüssige Luft zur Vorkühlung wird aus der Flasche a_2 mittels Hebers l_1 bei m in das Gefäß a_3 eingefüllt, indem man bei n mittels Gummigebläses oder Druckluft einen geringen Überdruck erzeugt. Den Stand der flüssigen Luft in a_3 kann man an einer nicht gezeichneten Anzeigevorrichtung ablesen. Die verdampfte Luft verläßt den Verflüssiger bei o. Der flüssige Wasserstoff zum Vorkühlen wird der Flasche a_4 mit Hilfe des Hebers l_2, in den das Ventil d_7 eingefügt ist, entnommen. Er fließt bei p aus. Der Wasserstoffdampf wird mittels der Pumpe e_3 bei q abgepumpt, so daß der Wasserstoff unter stark vermindertem Druck siedet. Durch Einstellen von Ventil d_7 kann man den Zufluß des angesogenen flüssigen Wasserstoffs regeln. An die Vorratsflasche a_4 ist bei r eine Wasserstoff-Atmosphäre (Stahlflasche mit Reduzierventil oder Gummiblase) angesetzt, um das Kondensieren von Luft in a_4 zu vermeiden. Den Stand des flüssigen Wasserstoffs in a_4 zeigt ein Schwimmer an. Der Stand des flüssigen Wasserstoffs im Verflüssiger kann durch Sichtstreifen im Vakuummantel-Gefäß s_1 und im Metallmantel t_1 beobachtet werden.

Der eigentliche Heliumverflüssiger enthält drei Gegenströmer u_1, u_2 und u_3, die alle aus schraubenförmigen Windungen um die Mittelachse des ganzen Apparates bestehen. Die Windungen von u_1 bestehen aus drei ineinandergesteckten Rohren. Im innersten Rohr strömt das entspannte, nicht verflüssigte Helium, im Raum zwischen dem innersten und dem zweiten Rohr das komprimierte Helium, im Raum zwischen dem äußersten und dem zweiten Rohr der verdampfte Wasserstoff. Über die Rohrwindungen ist innen und außen ein Neusilbermantel v_1 gelötet. In dem so abgeschlossenen Zwischenraum strömt schraubenförmig nach oben die verdampfte Luft.

Abb. 8
Schema der Anlage zum Verflüssigen von Helium.

a_1 Stahlflasche für Helium
a_2 Flasche mit fl. Luft
a_3 Gefäß für fl. Luft
a_4 Flasche mit fl. Wasserstoff
b Heliumbehälter
c Heliumkompressor
d, d_1 bis d_7 Ventile
e_1 Kapselpumpe
e_2 Vorpumpe
e_3 Pumpe für Wasserstoffdampf
f Ölabscheider
g Trockenrohr
h Eintritt des komprimierten Heliums in den Verflüssiger
i Austritt des entspannten Heliums aus dem Verflüssiger
k Ansaugstelle des entspannten Heliums
l_1, l_2 Heber
m, m' Kühlrohr
n Druckstelle
o Austritt der verdampften Luft aus dem Verflüssiger
p Austritt des flüssigen Wasserstoffs aus a_4
q Austritt des Wasserstoffdampfes aus dem Gegenströmer
r Anschlußstelle einer Wasserstoff-Atmosphäre an a_4
s_1, s_2 Vakuummantel-Gefäße
t_1 Metallmantel
t_2 Blechbüchse
u_1 bis u_3 Gegenströmer
v_1 bis v_3 Neusilbermäntel
w_1 Schraubenwindungen des Kühlrohrs m, m'
w_2 bifilar gewundenes Kühlrohr
x Ventilstange
y Abdichtung
z_1 Schwimmer
z_2 Gegengewicht

Zwischen u_1 und u_2 ist das Gefäß a_3 mit flüssiger Luft geschaltet, in dem einige Schraubenwindungen w_1 des Helium-Hochdruckrohrs m, m' verlaufen. Der Gegenströmer u_2 besteht aus zwei (in Wirklichkeit mehr) parallel geschalteten Rohrwindungen, deren jede aus zwei ineinandergesteckten Rohren besteht. Im innersten Rohr fließt wieder das entspannte Helium zurück, im Raum zwischen beiden Rohren das verdichtete Helium zu. In dem schraubenförmigen Raum zwischen den Rohrwandungen

[11]) W. Meißner, „Erzeugung tiefer Temperaturen und Gasverflüssigung". Handbuch der Physik Bd. 11 (1926) S. 321.

und dem Neusilbermantel v_2, der innen und außen auf die Wandungen gelötet ist, steigt der verdampfte Wasserstoff empor.

Zwischen die Gegenströmer u_2 und u_3 ist das bifilar gewundene Kühlrohr w_2 der Druckleitung geschaltet, das in flüssigem Wasserstoff liegt. Der Gegenströmer u_3 besteht aus zwei (in Wirklichkeit mehr) parallel geschalteten schraubenförmigen Windungen des Helium-Druckrohrs. Im Raum zwischen diesen Windungen und dem aufgelöteten Neusilbermantel v_3 steigt schraubenförmig das entspannte Helium empor. Die Entspannung erfolgt im Ventil d, das von oben her mittels der Stange x betätigt wird. Das flüssige Helium sammelt sich im Vakuummantel-Gefäß s_2, das in einer zugelöteten Blechbüchse t_2 steckt.

Der zum Vorkühlen dienende flüssige Wasserstoff befindet sich im Vakuummantel-Gefäß s_1. Der ganze Verflüssiger ist in einen eisernen zweiteiligen Mantel t_1 eingeschlossen. Der untere Teil des Mantels ist mit dem oberen bei y vakuumdicht verschraubt. Das Innere wird beim Abpumpen des Wasserstoffdampfes mit entleert.

Der Strömungsvorgang im Verflüssiger ist hiernach folgender:

Das komprimierte Helium strömt in den obersten Gegenströmer u_1 ein, und zwar in den Raum zwischen innerstem und zweitem Rohr. Es strömt dann durch die Vorkühlschlange, die in flüssiger Luft liegt, tritt in den Gegenströmer u_2 und dann durch die bifilare Kühlschlange w_2, die in flüssigem Wasserstoff liegt, tritt in den untersten Gegenströmer u_3 und in das Expansionsventil d, wo es auf 1 at entspannt wird. Der nichtverflüssigte Teil des Heliums strömt durch u_3 nach oben, tritt in die innersten Rohre des Gegenströmers u_2, dann in das innerste Rohr von u_1 und verläßt den Verflüssiger bei i.

Abb. 9
Schema des Helium-Kompressors.
a Ölkammern c Ölfüllung
b_0 bis b_6 Ventile d Sicherheitsventile

Der flüssige Wasserstoff fließt bei p in das Vakuummantel-Gefäß s_1. Der an der Vorkühlschlange w_2 verdampfte Wasserstoff wird abgepumpt und strömt dabei zunächst durch den Raum zwischen den Rohren von u_2. Er tritt dann in den Raum zwischen den beiden äußeren Rohren von u_1. Bei q verläßt der Wasserstoffdampf den Verflüssiger und wird von der Pumpe e_3 ins Freie befördert.

Die flüssige Luft, die durch l_1 in das Gefäß a_2 eingefüllt wird, verdampft an der Kühlschlange m, m'. Der Dampf tritt in den Raum zwischen den Windungen des obersten Gegenströmers und tritt bei o nahezu mit Zimmertemperatur aus.

Bezüglich der eigenartigen Ausführung der Gegenströmer u_2 und u_3 wird auf das beim Wasserstoff-Verflüssiger Gesagte verwiesen. Diese Gegenströmer u_2 und u_3 sind nicht aus Kupfer-, sondern aus Neusilberrohren hergestellt. Dies ist wegen der geringen Kälteleistungen bei der Entspannung des Heliums grundsätzlich wichtig für die gute Wirksamkeit des Gegenströmers[12]). Außerdem wird so die Wärmezufuhr von oben auch dann gering, wenn das Helium nicht umläuft, wenn man vielmehr Messungen in dem im Behälter s_2 verflüssigten Helium anstellt.

[12]) Vergl. W. Meißner, Z. f. techn. Physik Bd. 7 (1926) S. 235.

Um Versuchsapparate, z. B. Gasthermometer, Dampfdruckthermometer, auf Widerstand zu prüfende Metallspulen u. dergl. einbauen zu können, werden die Gefäße t_1 und s_1 nach unten abgenommen, t_2 aufgelötet und s_2 ebenfalls nach unten zu entfernt. Die Kapillaren von Gas- oder Dampfdruck-Thermometern, die natürlich Heliumfüllung haben müssen, werden durch das mittlere Neusilberrohr, durch das die Ventilspindel x und der Aufhängefaden des Schwimmers z_1 mit Gegengewicht z_2 laufen, nach oben herausgeführt, ebenso die Drähte zu den Widerstandspulen u. dergl. Durch das mittlere Neusilberrohr kann man auch einen Vakuummantel-Heber einführen, falls man das Helium in andere Gefäße abfüllen will.

Bei Inbetriebnahme des Verflüssigers wird zunächst, um die Abkühlung zu beschleunigen, nicht nur in a_3, sondern auch in s_1 durch Heber l_2 flüssige Luft eingefüllt. Nachdem alles deren Temperatur angenommen hat, wird der Rest von flüssiger Luft durch eine elektrische Heizspule am Boden von s_1 verdampft; s_1 und t_1 werden dann mittels e_3 evakuiert und nun wird über l_2 flüssiger Wasserstoff eingefüllt, der dann unter einem Druck von etwa 6 cm Q.-S. verdampft. Hierbei läßt man das Helium, ohne es zu komprimieren, langsam umlaufen. Nachdem in s_2 Abkühlung bis auf die Temperatur des flüssigen Wasserstoffs eingetreten ist, wird das Helium auf rd. 40 at komprimiert und entspannt. Alsbald tritt dann die Verflüssigung des Heliums ein.

Um das Helium unter vermindertem Druck sieden zu lassen, kann man den Kompressor c als Pumpe benutzen, indem man das Ventil d schließt und das Ventil d_1 öffnet, so daß der Kompressor das abgepumpte Helium in die Stahlflasche a_1 drückt. Man kommt so auf einen Dampfdruck von rd. 35 mm Q.-S. Will man den Druck noch weiter erniedrigen, so kann man das Helium mittels der Kapselpumpe e_1 bei geöffneten Ventilen d_4 und d_5 und geschlossenem Ventil d_3 in den Gasometer b hineindrücken. Bei Verwendung einer Siemensschen Kapselpumpe von rd. 140 m³/h Saugleistung kommt man so auf einen Dampfdruck von 0,9 mm Q.-S. (rd. 1,2° abs).

Damit Heliumverluste vermieden werden, müssen alle Teile, die Helium enthalten, also auch der Kompressor, vollkommen dicht sein. Der Kompressor muß auch, wie schon erwähnt, hoch evakuiert werden können, da man ihn natürlich mit Helium nicht ausspülen kann.

Bei dem in der Reichsanstalt benutzten Kompressor für etwas mehr als 10 m³/h Ansaugleistung, dessen Anordnung Abb. 9 schematisch darstellt, ist man diesen Forderungen in folgender Weise gerecht geworden: Der gewöhnliche, mit Öl geschmierte Kompressor hat nicht nur hinten, sondern auch vorn, auf der Kurbelseite, geschlossene Zylinder. In die vorderen Zylinderräume tritt das Gas, das die Kolbendichtung beim Verdichten etwa durchgelassen hat, und von hier aus durch Rohrleitungen zurück in die Ansaugleitung des Kompressors. Die Kolbenstangen laufen durch Kammern a, die unter rd. 50 cm Öldruck stehen, so daß an den Kolbenstangen nie Gas, sondern nur Öl austreten kann.

Alle Verschraubungen und Dichtungsflächen liegen unter Öl, auch zur Kühlung dient Öl c, so daß beim Evakuieren nur Öl, nicht Luft angesaugt werden kann, und beim Verdichten etwa auftretende Undichtheiten an aufsteigenden Gasblasen zu sehen sind. Ferner sind besondere Verbindungsrohre mit Ventilen b_1 bis b_6 angebracht, damit man auch die Zylinder und Kühlschlangen trotz der durch Federn angedrückten Druck- und Saugventile vollkommen evakuiren kann. Natürlich blasen auch die Sicherheitsventile in die Ansaugleitung des Kompressors ab. Der Helium-Kompressor des Leidener Kälteinstituts ist ähnlich gebaut. Vom Quecksilber-Kompressor ist man auch dort abgekommen.

Die Betriebsergebnisse der beschriebenen Anlage sind bei Verwendung des Kompressors von reichlich 10 m³/h Ansaugleistung folgende: Um die Apparatur mit flüssiger Luft abzukühlen und den Rest der flüssigen

Luft in s_1 zu verdampfen, ist etwa 1 h erforderlich. Die Abkühlung mit flüssigem Wasserstoff bis zur Heliumkompression dauert etwa 20 min; etwa 15 min später beginnt die Verflüssigung des Heliums. 400 cm³ flüssiges Helium, die das Gefäß s_2 faßt, erhält man bei einem Kompressionsdruck von 35 at in rd. 9 min. Der verflüssigte Anteil des Heliums beträgt hiernach etwa 0,19, da sich die Dichte des flüssigen Heliums beim normalen Siedepunkt auf 0,125, die des gasförmigen Heliums unter Normalbedingungen auf 0,000 178 beläuft.

Zum Abkühlen braucht man rd. 3 l flüssige Luft, zum weiteren Abkühlen 2 l flüssigen Wasserstoff. Mit weiteren 5 l flüssiger Luft und 8 l flüssigem Wasserstoff kann man etwa 3 h lang das etwa 400 cm³ fassende Gefäß s_2 mit flüssigem Helium gefüllt haben, auch wenn man das Helium beim Beobachten unter stark erniedrigtem Druck sieden läßt.

Betreffs des Wirkungsgrades der Anlage im Verhältnis zu dem, was nach der Theorie zu erwarten ist, sei wieder auf andre Stellen verwiesen[13]).

Im Leidener Laboratorium wird das flüssige Helium auch aus dem Verflüssiger in andre Gefäße abgehebert und neuerdings sogar an andre Stellen des Laboratoriums befördert[14]). Dabei fängt man das verdampfte Helium vorübergehend beim Transport in einer Gummiblase auf, die dann an eine zum Gasometer führende Leitung angeschlossen wird, so daß auch beim Transport kein Helium verlorengeht.

Es sind Vorbereitungen getroffen, um ähnlich auch im Kältelaboratorium der Reichsanstalt arbeiten zu können: Aus dem Heliumverflüssigungsraum führen Rohrleitungen für Wasserstoff und Helium in die andern Räume des Gebäudes. Durch diese Rohrleitungen kann der verdampfte Wasserstoff bzw. das verdampfte Helium in die Gasbehälter zurückgeleitet werden; auch können die Rohrleitungen mit Hilfe von Ventilen an die Pumpen für Wasserstoff und Helium angeschlossen werden, so daß man in den Laboratorien auch Wasserstoff und Helium unter vermindertem Druck sieden lassen kann.

4. Einrichtung des Laboratoriumgebäudes

Wie schon im einleitenden Teil erwähnt wurde, befindet sich im Keller des Laboratoriumgebäudes eine Heizanlage. Ihre Niederdruck-Dampfkessel werden jedoch nur dann benutzt, wenn die Hauptkesselanlage der Reichsanstalt abgestellt ist, insbesondre, wenn spät abends und nachts gearbeitet werden muß, was im Kältelaboratorium häufig der Fall ist. Niederdruckdampf der eigenen Kesselanlage oder der von 3 at auf Niederdruck entspannte Dampf der Hauptkesselanlage wird benutzt

1. für die Dampfheizung des Werkstattgebäudes,
2. für die Heizung der Maschinenräume mittels der im einleitenden Teil erwähnten Luftheizapparate,
3. für die Warmwasserheizanlage des Laboratoriumgebäudes.

Im Akkumulatorenkeller ist bis jetzt eine Batterie von 120 V und etwa 270 Ah Kapazität aufgestellt, die durch eine besondere Schaltanlage auf 4, 8, 12, 20, 40, 60, 120 V schaltbar ist. Sie hat bei 120 V 90 A größte Stromstärke, bei 4 V also 2700 A. Versuche mit so starken Strömen müßten allerdings im Keller unmittelbar an der Schaltanlage ausgeführt werden.

Die Arbeitsräume des Laboratoriumgebäudes sind, abgesehen von zwei Schreib- und Geschäftzimmern, folgendermaßen eingerichtet: In alle Räume führen die im vorhergehenden Teil 3 erwähnten Rohrleitungen zum Abpumpen von Wasserstoff- und Heliumgas. In alle Räumen sind Entlüfter angebracht; diese saugen die Lu in gemauerte Züge, die oberhalb der Dächer ins Fre führen. In den meisten Räumen sind auch Digestori vorhanden. Sämtliche Räume können verdunkelt we den. Die großen Räume im Erdgeschoß und im Obe geschoß, Abb. 2, können durch Quervorhänge getei werden. In sämtlichen Räumen sind Schalttafeln ang bracht, denen Ströme verschiedener Art und Spannun entnommen werden können.

An den Schalttafeln liegen dauernd Drehstrom von 120 bis zu 100 A, Gleichstrom von 110 V; vorläufig bis rd. 6 A anschaltbar sind die Sammlerbatterie von 4 bis 120 V; di Batterien des Starkstromgebäudes der Reichsanstalt, sowe verfügbar, für starke Ströme bis 240 V sowie für schwach Ströme bis zu 3000 V, die Gleichstrom-, Wechselstrom- un Drehstrommaschinen des Starkstromgebäudes, die Gleich strom-Hochspannungsmaschine des Starkstromgebäudes fü Spannungen bis 10 000 V und Ströme bis 1 A (nur in ei zelnen Räumen); auch führen vier dünne Doppelleitunge zum Starkstromgebäude, damit man die Erregung von Moto und Dynamomaschine einstellen und Frequenz und Phase verschiebung ablesen kann.

In jedem Raum befinden sich außer Versuchtische usw. ein Werkzeugschrank, die üblichen Hilfsgerät wie Stative, Brenner und dergl. und die notwendigste Materialien. Ferner ist eine größere Sammlung vo Apparaten für die gebräuchlichsten elektrischen, the mischen und optischen Messungen vorhanden. Die Ei richtungen gestatten also, Untersuchungen auf allen G bieten der Physik in tiefen Temperaturen anzustellen. B sondere Versuchseinrichtungen, die dem Einzelfall anzu passen sind, müssen natürlich jeweils beschafft werde

5. Die Mittel für die Neueinrichtungen. Gastarbeiten a Kältelaboratorium

Die Mittel für den Bau des Kältelaboratoriums un seine Maschineneinrichtungen sind im wesentlichen vo Reich bewilligt worden. Außerdem hat die Notgemei schaft der Deutschen Wissenschaft erhebliche Mittel fü die Einrichtung der Laboratorien und der Verflüss gungsanlagen sowie für die Arbeiten selbst zur Ve fügung gestellt. Ferner hat sie sich von vornherein m großer Energie für die Schaffung eines deutschen Kält Instituts nach dem Leidener Vorbild eingesetzt. Auc von Seiten der Lieferfirmen, besonders der Linde-G sellschaft, wurde das Institut durch weitgehendes En gegenkommen unterstützt.

Mit Rücksicht auf die von der Notgemeinschaft zu Verfügung gestellten Mittel ist es, wie bereits im ei leitenden Teil erwähnt wurde, möglich, daß auch wisse schaftliche Gäste in dem Kältelaboratorium Versuche b tiefsten Temperaturen ausführen. Anträge auf Zula sung als wissenschaftlicher Gast sind an den Ausschu für Gastarbeiten am Kältelaboratorium der Reichsansta zu Händen des Präsidenten der Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg, Werner-Siemen Straße 8—12, zu richten. Hierbei sind der Zweck de Arbeiten, der gewünschte Zeitpunkt ihres Beginns un ihre voraussichtliche Dauer, sowie die für sie erforde lichen Apparate und Einrichtungen anzugeben.

Vom Kältelaboratorium kann auch flüssiger Wasse stoff für Forschungszwecke abgegeben werden. Hierz ist ebenfalls ein Antrag an den Ausschuß mit entspreche der Begründung notwendig.

Dem Ausschuß gehören an: Der Präsident der Ph sikalisch-Technischen Reichsanstalt, der Leiter des Kält laboratoriums (z. Zt. Oberregierungsrat Dr. Meißner der Präsident der Notgemeinschaft der Deutschen Wi senschaft, Exzellenz Schmidt-Ott (Stellvertreter: Pro Stuchtey), Prof. v. Laue, Berlin-Zehlendorf. [B 1684]

[13]) W. Meißner, „Erzeugung tiefer Temperaturen und Gasverflüssigung", Handbuch der Physik 11. Bd. S. 306, Berlin 1926. W. H. Keesom, Rapports et Communications, 5. Congrès International du froid, Rome 1928, S. 136, Leiden 1928.

[14]) H. Kamerlingh Onnes, Rap. and Comm. 4. Internat. Congr. of Refrig., London 1924, Leiden 1924.

Abnahmeversuche an einer 80000 kW-Turbodynamo des Großkraftwerkes Klingenberg[1]

Von Dr.-Ing. W. E. Wellmann, Berlin.

Schilderung der Meßeinrichtung und Versuchsausführung. — Auswertung der Versuche durch Ermittlung der Zahlen für den spezifischen Dampfverbrauch, Wärmeverbrauch und thermodynamischen Wirkungsgrad. — Vergleich der gemessenen Werte mit den Garantien der AEG.

Abb. 1
Hauptturbine Nr. 1 im Großkraftwerk „Klingenberg".

Am 13. und 14. Dezember 1927 fanden die Abnahmeversuche an einer der drei Kondensations-Dampfturbinen des Großkraftwerkes Klingenberg, Abb. 1, statt. Diese Maschinensätze von je 80 000 kW Leistung stellen z. Zt. die größten dar, die auf dem Festlande laufen. Die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. (BEWAG) als Bestellerin hatte großen Wert darauf gelegt, daß die Abnahmeversuche als Betriebsmessungen unparteiisch und mit größter technischer und wissenschaftlicher Genauigkeit durchgeführt würden. Die Leitung dieser Versuche wurde daher Prof. Josse, Berlin, übertragen. Als Mitarbeiter für den elektrischen Teil wurde Obering. Riepe, vom Elektrotechnischen Versuchsfeld der Technischen Hochschule, Berlin, hinzugezogen. Durchgeführt wurden diese Messungen durch einen Stab von 30 Herren der Technischen Hochschule Berlin, der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft Berlin als Herstellerin und der BEWAG als Bestellerin. Sämtliche wichtigen Meßstellen wurden dementsprechend dreifach besetzt, um Versuchs- und Ablesefehler möglichst auszuschließen.

Die Versuche hatten den Zweck, die von der AEG zugesicherten Werte des Dampfverbrauches und der elektrischen Leistung nachzuprüfen und darüber hinaus die Ausnutzung der Dampfwärme in der Turbine zu messen. Der Maschinensatz ist für eine Leistung von 70 000 kW bei $\cos\ \varphi = 0{,}8$ entworfen und dauernd überlastbar auf 80 000 kW bei 1500 U/min. Den Aufbau dieser viergehäusigen Zweiwellen-Dampfturbine zum Antrieb von zwei Stromerzeugern zeigen Abb. 2 und 3.

Im übrigen kann die Bauart des untersuchten Maschinensatzes als bekannt vorausgesetzt werden[2]).

Die Garantie der AEG

Gemäß dem Auftrag vom Juli 1925 soll der Dampfverbrauch betragen:

bei	4/4	3/4	2/4	Belastung
	3,85	3,95	4,25	kg

für 1 kWh an den Dynamoklemmen bei $\cos\ \varphi = 0{,}8$, Frischdampf von 32,5 at Überdruck und 400 ° unmittelbar vor den Einlaßventilen der Turbine, 15 ° Kühlwassertemperatur am Eintritt in die Kondensatoren und bei einer Kühlwassermenge von 16 000 m³/h.

Die garantierten Dampfverbrauchzahlen gelten einschließlich Erregerarbeit und einschließlich Arbeitsbedarf der Kondensations-Hilfsmaschinen bei einer manometrischen Gesamtförderhöhe der Kühlwasserpumpen von höchstens 6 m.

Diese Gewährleistungen gelten mit 2 vH Toleranz. Sofern also der Dampfverbrauch

bei	4/4	3/4	2/4	Belastung
noch	3,927	4,029	4,335	kg/kWh

beträgt, liegt er innerhalb der Garantien.

Im übrigen sollen die „Regeln für Leistungsversuche an Dampfanlagen" von 1925 Gültigkeit haben. Für andre Betriebsverhältnisse bezüglich Frischdampf und Kühlwasser sollten die gemessenen Werte des Dampfverbrauchs nach einem festgelegten Diagramm der AEG umgerechnet werden, das später für Temperaturen über 400 ° erweitert wurde.

Die Meßverfahren

Die elektrische Leistung wurde über geeichte Meßwandler nach der Zweiwattmeter-Methode mit geeichten Präzisionsgeräten für jeden Stromerzeuger getrennt gemessen, in derselben Weise die Leistung der Antriebmotoren für die Kondensation. Der Leistungsfaktor jedes Stromerzeugers wurde ermittelt und ein Gesamtleistungsfaktor des Maschinensatzes aus der Summe der Wirkleistungen und der Summe der Blindleistungen beider Stromerzeuger berechnet.

Die Bestimmung des Dampfverbrauches der Turbine erfolgte durch Kondensatmessungen; das Kondensat aus den Oberflächenkondensatoren, das auch den Stopfbüchsendampf mitführte, wurde mit dem in die Kondensatdruckleitung eingebauten Betriebsventurirohr gemessen. Die

[1]) Auszug aus dem abschließenden Bericht der Abnahmekommission.
[2]) s. Z. Bd. 71 (1927) S. 1869.

Abb. 2
Schnitt durch den Hochdruckteil der 80 000 kW-Turbine ($n = 1500$ U/min) im Großkraftwerk „Klingenberg".
a Frischdampfeinströmung *b* HD-Turbine *c* zur MD-Turbine *d* zu den ND-Turbinen *e* MD-Turbine

Zahlentafel 1
Ergebnis der Abnahmeversuche ohne Umrechnung auf die Garantiewerte

Versuch Nr.		6	5	3	2	4
Belastung rd.		Überlast	4/4	3/4	2/4	1/4
Drehzahl U/min		1500	1500	1500	1500	1500
Mittlerer Dampfzustand vor den Haupteinlaßventilen:						
Druck (auf 1/10 at abgerundet)	at abs	33,6	33,6	34,1	34,1	34,1
Temperatur *)	°C	407,3	407,0	408,8	407,6	410,7
Wärmeinhalt (nach Mollier 1927)	kcal/kg	774,8	774,7	775,4	774,9	776,4
Druck in der 1. Radkammer	at abs	28,22	25,24	18,54	12,44	7,02
Mittlerer Dampfzustand vor dem 2. Gehäuse (Mitteldruckgehäuse):						
Druck	at abs	15,25	13,13	9,67	6,57	3,67
Temperatur	°C	311,2	299,9	280,1	260,9	256,1
Wärmeinhalt	kcal/kg	732,5	728,0	720,0	712,5	712,5
Mittl. Dampfzustand vor d. Niederdruckseite:						
Druck	at abs	2,764	2,390	1,761	1,205	0,666
Temperatur	°C	138,8	130,4	116,1		98,2
Überhitzung	„	8,7	5,0	0,5	0,2 vH Feucht.	10,1
Wärmeinhalt	kcal/kg	655,1	651,5	645,6	640,0	639,5
Mittlerer Druck im Abdampfstutzen am Turbinenflansch	mm Q.-S. abs	19,9	17,0	13,5	10,4	10,0
	at abs	0,0270	0,0231	0,0184	0,01414	0,0136
Mittlerer Wärmeinhalt des Abdampfes	kcal/kg	539,8	537,8	536,6	535,1	544,1
Mittlere Feuchtigkeit des Abdampfes	vH	11,2	11,2	11,1	11,0	9,5
Elektrische Leistung des Maschinensatzes an den Dynamoklemmen	kW	79 011	68 871	51 559	35 104	17 505
Leistung an den Dynamokupplungen	„	82 217	71 922	54 206	37 354	19 469
Gesamtdampfverbrauch des Maschinensatzes	kg/h	305 880	265 430	200 120	138 590	76 280
Mittlere Kondensattemperatur	°C	12,66	10,14	8,25	5,7	4,6
Für den Maschinensatz:						
Spez. Dampfverbrauch, bezogen auf die Leistung an den Dynamoklemmen	kg/kWh	3,869	3,852	3,880	3,947	4,357
Spez. Wärmeverbrauch, bezogen auf die Leistung an den Dynamoklemmen	kcal/kWh	2 949	2 947	2 978	3 037	3 362
Thermischer Wirkungsgrad des Maschinensatzes, bezogen auf Klemmenleistung	vH	29,17	29,19	28,88	28,32	25,58
Für die ganze Turbine allein:						
Spez. Dampfverbrauch, bezogen auf die Leistung an den Dynamokupplungen	kg/kWh	3,718	3,688	3,691	3,708	3,917
Spez. Wärmeverbrauch, bezogen auf die Leistung an den Dynamokupplungen	kcal/kWh	2 835	2 821	2 832	2 854	3 024
Thermischer Wirkungsgrad der Turbine, bezogen auf Kupplungsleistung	vH	30,34	30,49	30,37	30,14	28,45

*) Beim Garantievergleich, Zahlentafel 2, wurden diese Werte auf 1° abgerundet.

Abb. 3
Schnitt durch den Niederdruckteil der 80 000 kW-Turbine ($n = 1500$ U/min).
f ND-Turbine I *g* ND-Turbine II *h* zum Kondensator

Wägung der großen Kondensatmenge wäre nur behelfsmäßig möglich gewesen und mußte bei der Forderung unbedingter Sauerstofffreiheit des Kondensates für den Kesselbetrieb möglichst vermieden werden. Das Venturirohr wurde vor den Versuchen durch Vertreter der Beteiligten im Prüffeld von Siemens & Halske A.-G. geeicht. Die Zuverlässigkeit der Eichung wurde nachgeprüft durch rechnerische Auswertung der gewonnenen Ergebnisse (Beiwert des Venturirohres).

Die Druckunterschiede des Venturirohres wurden bei den Messungen nicht mittels aufschreibender Anzeiger, sondern nach den Ausschlägen eines Differentialmanometers bei guter Entlüftung der kurzen Verbindungsleitungen zwischen Rohr und Manometer ermittelt. Gleichzeitig wurden während der ganzen Dauer des Versuches die Wasserspiegel in den beiden Oberflächenkondensatoren zur Feststellung der jeweiligen Kondensatmenge im Kondensator an den beiden Wasserständen beobachtet und aufgeschrieben, um in den kleinen Zeitabständen der Ablesungen das jeweils tatsächlich anfallende Kondensat zu messen. Das Leckkondensat aus den Wassertassen oberhalb der Kondensatoren wurde gewogen und ebenfalls berücksichtigt.

Der Dampfdruck vor der Turbine wurde in jeder der beiden Frischdampfleitungen vor dem Einlaßventil der Turbine und außerdem hinter dem Dampfsieb an jeder Seite der Turbine, im ganzen also an vier geeichten Röhrenfedermanometern, abgelesen. Die Manometer waren vor Erwärmung geschützt und die vorgelagerten Wassersäulen berücksichtigt.

Die Dampftemperatur vor der Turbine wurde an drei Stellen gemessen, und zwar

1. in jeder der beiden Haupt-Dampfzuleitungen mit Thermoelementen, einige Meter vor dem Einlaßventil (Einführung bis Mitte Rohrleitung),
2. an jedem der beiden Dampfsiebe mit Quecksilberthermometern der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Die etwa 360 mm langen wagerechten Tauchhülsen waren mit Asbestschnur sorgfältig verstopft, der Quecksilberfaden der Thermometer stellte sich im Betriebe praktisch am äußeren Ende der Tauchhülse ein, so daß kein Herausziehen des Thermometers und keine Fadenberichtigung erforderlich war.
3. Im Einströmdüsenkasten wurde ebenfalls mit zwei Thermoelementen gemessen. Unmittelbar vor und nach den Messungen wurden die Thermoelemente geeicht.

Die Eintritts- und Austrittstemperatur des Kühlwassers wurde dicht vor und hinter jedem Kondensator und die Temperatur des Kondensates jeder Kondensatpumpe mit Quecksilberthermometern von $^1/_{10}$ ° Teilung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gemessen.

Die Luftleere hinter der Turbine wurde an jedem der vier Abdampfstutzen an zwei Stellen links und rechts dicht oberhalb des Turbinenflansches (etwa 2 m unter Wellenmitte), also an acht Stellen gemessen. Der Druckabfall vom Turbinenflansch bis zum Kondensator betrug bei Vollast rd. 1 mm Q.-S. Der Luftdruck wurde entsprechend den Angaben der öffentlichen Wetterdienststelle Berlin für die Versuchzeit bestimmt und dabei auch die jeweilige Höhenlage der Meßstellen für die Luftleere an der Turbine berücksichtigt.

Um über die eigentliche Abnahme hinausgehende Untersuchungen der Turbine zu ermöglichen, wurden weitere Druck- und Temperaturmessungen mit geeichten Geräten ausgeführt, wobei Drücke bis 2 at an Quecksilbersäulen abgelesen wurden.

Die Ausführung der Versuche

Von den drei Turbodynamos des Klingenberg-Werkes wurde der Satz 1 mit der längsten Betriebzeit für die Messung bestimmt. Zur Zeit der Messung lief die Maschine rd. 3460 h am Netz. Einige Tage vor den Versuchen wurde sie zum Einbau der Meßgeräte außer Betrieb gesetzt; bei dieser Gelegenheit wurden die beiden Kondensatoren gereinigt und auf Dichtheit geprüft. Ein Öffnen und Überholen der Turbine sowie Nacharbeiten von Schaufeln fand nicht statt.

Es wurden fünf Hauptversuche durchgeführt, und zwar

bei Überlast	mit rd.	80 000 kW,
„ $^4/_4$ Last	„ „	70 000 „
„ $^3/_4$ Last	„ „	52 500 „
„ $^2/_4$ Last	„ „	35 000 „
„ $^1/_4$ Last	„ „	17 500 „ .

Die Maschine arbeitete bei den Versuchen ausschließlich auf das Netz. Die betreffende Versuchslast wurde längere Zeit vor Beginn eines jeden Versuches eingestellt. Jeder Versuch dauerte mindestens eine Stunde. Während

Zahlentafel 2
Umrechnung der Abnahmeversuche auf die Garantiegrundlagen

Versuch Nr.		6	5	3	2	4
Belastung rd.		Überlast	4/4	3/4	2/4	1/4
Leistung des Maschinensatzes an den Dynamoklemmen	kW	79 011	68 871	51 559	35 104	17 505
cos φ		0,908	0,8538	0,8125	0,838	0,825
Leistung des Maschinensatzes an den Dynamoklemmen bei cos $\varphi = 0{,}8$	„		68 715	51 538	35 103	17 501
Verbrauch der Kondensation, umgerechnet auf die Garantie	„	747	715	662	697	368
Elektrische Nutzleistung bei cos $\varphi = 0{,}8$	„	78 264	68 000	50 876	34 406	17 133
Änderung des gemessenen Dampfverbrauchs infolge der Abweichung der Versuchsverhältnisse von den Garantiebedingungen: 32,5 at Überdruck, 400 °C vor Haupteinlaß, 15 °C Kühlwasser-Eintrittstemperatur,						
hinsichtlich Druck	Zahl	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
„ Dampftemperatur	„	1,009	1,009	1,011	1,009	1,013
„ Kühlwassertemperatur	„	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006
Insgesamt	„	1,015	1,015	1,017	1,015	1,019
Stündlicher Gesamtdampfverbrauch, umgerechnet auf die Garantiebedingungen	kg/h	310 470	269 410	203 520	140 670	77 730
Spezifischer Dampfverbrauch, desgl.	kg/kWh	3,967	3,962	4,000	4,089	4,536
Abweichung der Belastung von der mittleren Belastung während der Versuchzeit, bezogen auf mittlere Belastung:						
größte nach oben	vH	1,57	2,14	4,80	3,45	6,9
größte nach unten	„	1,39	2,77	5,88	2,97	10,1
mittlere aller Ablesungen	„	0,582	0,975	1,780	0,986	2,92
Zulässiges Spiel im Dampfverbrauch nach den „Regeln“	vH	0,291	0,488	0,890	0,493	1,46
Dampfverbrauch nach Abzug des Spiels	kg/kWh	3,955	3,943	3,965	4,068	4,470
Garantierter Dampfverbrauch ohne Zuschlag von 2 vH Spiel	„		3,85	3,95	4,25	
Garantierter Dampfverbrauch mit Zuschlag von 2 vH Spiel	„		3,927	4,029	4,335	
Unterschied gegenüber dem garantierten Dampfverbrauch nach 2 vH Zuschlag auf die Garantie	„		+ 0,016	— 0,064	— 0,267	
Desgl.	vH		+ 0,408	— 1,589	— 6,16	
Mittlerer Unterschied zwischen 4/4 und 2/4 Last	„			**— 2,447**		

der Versuchzeit erfolgten die Druck- und Temperaturablesungen auf optische Signale hin in Abständen von 5 min, die Ablesungen an den elektrischen Leistungsmessern in Abständen von 1 min, an den Strom- und Spannungsmessern von 2 min. Zur Erzielung genauer Mittelwerte wurde das Quecksilber-Differentialmanometer für die Kondensatmenge in Abständen von 1 bis 2 min abgelesen, desgl. die Kondensatspiegel in den Kondensatoren.

Bei den Messungen wurde darauf verzichtet, die der niedrigen Kühlwassertemperatur von rd. 2° entsprechende hohe Luftleere künstlich auf Vertragsbedingungen zu verschlechtern. Für die Kondensation waren daher bis auf den Versuch mit ¼-Last beide Pumpensätze im Betrieb.

Auswertungen der Versuche

Sämtliche Werte und Mittelwerte wurden entsprechend den Ergebnissen der Eichungen der Meßgeräte und Wandler berichtigt. Im übrigen wurden die Versuche zunächst ohne jede Umrechnung auf die Garantie hin ausgewertet. Wärmegefälle und Wirkungsgrade beziehen sich auf die Entropietafel von Mollier 1927. Besonders die Kondensatmenge und der Frischdampfzustand wurden so sorgfältig wie möglich gemessen. Um einen Maßstab für die Genauigkeit der Messungen zu erhalten, wurde unter Berücksichtigung der gleichzeitig festgestellten Kondensatmengen in den Kondensatoren die Stetigkeit des Dampfverbrauches aufgenommen und auch die Proportionalität zwischen Dampfmenge und Stufendruck nachgeprüft. Beide Verfahren erwiesen die Zuverlässigkeit des angewandten Meßverfahrens.

Die Temperaturen in den beiden Dampfzuleitungen waren infolge ungleicher Dampftemperaturen der Kessel verschieden, doch waren die drei Messungen an jeder Seite stets einheitlich. Die Angaben der beiden hintereinander geschalteten Thermoelemente ergaben gute Übereinstimmung, während die Angaben der Quecksilberthermometer am Dampfsieb ausgeschaltet werden mußten, da sie off[en]bar infolge Wärmeableitung von der Hülse nach au[ßen] nicht genau anzeigten. Da unmittelbar an den Einl[aß]ventilen der Turbine die Temperatur nicht gemessen w[er]den konnte, so wurde als Frischdampftemper[a]tur vor den Einlaßventilen der Turbine [mit] guter Berechtigung das algebraische Mittel der vier [An]gaben der Thermoelemente genommen, d. h. das Mittel [aus] den mittleren Dampftemperaturen in der Frischdam[pf]leitung und der mittleren Dampftemperatur im Einstr[öm]kasten.

Der Dampfdruck vor der Turbine wu[rde] in ähnlicher Weise als algebraisches Mittel der vier M[es]sungen mit Abrundung auf $^1/_{10}$ at eingesetzt. Die A[us]wertung der Versuche wurde in der allgemein üblic[hen] Weise vorgenommen. Das Ergebnis ist ohne Umrechnu[ng] auf die Garantiewerte in Zahlentafel 1 zusammengef[aßt]. In Zahlentafel 1 ist der Kraftbedarf für die Kondensatio[ns]pumpen noch nicht abgezogen. Bemerkenswert ist [der] geringe Anstieg des spezifischen Dampfverbrauches [bei] Teillasten; die Linie des Dampfverbrauchs verläuft fla[ch], so daß die Maschine für Teillasten sehr gut verwendbar [ist].

Entsprechend dem Wunsch, die Abnahmeversuche [als] Betriebsversuche zu behandeln, konnten die Grundla[gen] der Dampfgarantie (32,5 at, 400° am Einlaß, 15° Kü[hl]wassereintrittstemperatur) nicht genau innegehalten w[er]den. Die Frischdampftemperatur war höher als 40[0°] und das Kühlwasser am Eintritt erheblich kälter. M[an] mußte daher die Versuchswerte bezüglich der Fris[ch]dampf- und der Kühlwassertemperatur auf die Garan[tie]bedingungen umrechnen, wofür die vertraglichen Un[ter]lagen vorhanden waren. Bei der abgegebenen Klemm[en]leistung war ferner zu berücksichtigen, daß der gemess[ene] Gesamtleistungsfaktor von dem der Garantie abwich. [Des]halb mußte die abgegebene Klemmenleistung des M[...]

Abb. 4
Vergleich der garantierten, der gemessenen und auf die Garantiebedingungen umgerechneten Werte des Dampfverbrauches.

——— *a*, *b* erreichter Dampfverbrauch, umgerechnet auf Garantiebedingungen
– – – – *c*, *d* gewährleisteter Dampfverbrauch
—·—·— *e* desgl. mit 2 vH Zuschlag

Die Linien *a* bis *e* gelten einschließlich des Verbrauchs der Kondensation. Die Linien *a* und *b* gelten ohne Abzug für Schwankungen der Belastung.

Abb. 5
Thermodynamische Wirkungsgrade der Turbine.

a Wirkungsgrad an den Stromerzeugerklemmen bei rd. 98 vH Luftleere
b Wirkungsgrad an der Kupplung bei rd. 98 vH Luftleere
c „ „ „ „ „ 96 „ „ nach Umrechnung der AEG

Die Linie *a* bezieht sich auf den Dampfzustand vor dem Einlaßventil, *b* und *c* auf den Dampfzustand im Einströmkasten.

schinensatzes auf den der Garantie zugrundeliegenden Gesamtleistungsfaktor umgerechnet werden. Die zu dieser Umrechnung nötige Kenntnis der elektrischen Verluste der Stromerzeuger wurde aus Hilfsmessungen an der Luftrückkühlanlage der Stromerzeuger gewonnen. Auch war entsprechend den vertraglichen Bedingungen nach den Regeln für Leistungsversuche für Dampfverbrauchsmessungen die vorgeschriebene Toleranz einzuräumen, die sich nach den Schwankungen der elektrischen Belastungen während der Versuche richtete.

Die Umrechnung auf Garantiegrundlagen ist in Zahlentafel 2 durchgeführt, wobei auch der Kraftbedarf der Kondensation abgezogen ist. Es muß besonders darauf hingewiesen werden, daß bei den Versuchen für $^5/_4$-, $^4/_4$-, $^3/_4$- und $^1/_2$-Last zwei Pumpensätze im Betrieb waren, was einen verhältnismäßig hohen Kraftbedarf der Kondensationsanlage zur Folge hat. Auf die Arbeitsweise mit einem Pumpensatz wurde jedoch bei den Versuchen verzichtet, weil man sich möglichst eng an die im Vertrage festgelegten Bedingungen halten wollte.

Einen Vergleich der garantierten Werte des Dampfverbrauchs mit den gemessenen und auf die Garantiebedingungen umgerechneten enthält Abb. 4.

Ohne die Umrechnung ergaben sich auf Grund der Versuche folgende thermodynamische Wirkungsgrade des Maschinensatzes, bezogen auf die gemessene Klemmenleistung, auf den Dampfzustand vor dem Einlaß und auf den Druck am unteren Turbinenflansch:

bei Überlast	4/4	3/4	2/4	Last
76,8	75,9	73,7	71,1	vH,

bezogen auf die Leistung der ganzen Turbine an der Kupplung und auf den Dampfzustand im Einströmkasten:

80,0   79,4   77,7   75,8 vH.

Von besonderer Bedeutung war der Umstand, daß infolge der Zweiwellenanordnung in Verbindung mit der Kondensatmessung die Leistungen und damit auch die thermodynamischen Wirkungsgrade von Hochdruck- und von Niederdruckteil getrennt bestimmt werden konnten. Diese betragen, bezogen auf die Leistungen an den Stromerzeugerkupplungen und auf den Dampfzustand in den Einströmkasten bei

	Überlast	4/4	3/4	2/4 Last,
für die Hochdruckseite	85,6	84,3	80,3	75,6 vH,
„ „ Niederdruckseite	73,1	72,7	71,8	71,2 „ .

Alle Wirkungsgrade beziehen sich auf den gemessenen Gesamtdampfverbrauch und sind ohne jede Umrechnung aus den Meßwerten berechnet, s. Abb. 5.

Die niedrigeren Wirkungsgrade der Niederdruckseite dürften in der Hauptsache die Folge der Dampfnässe und des bei höchster Luftleere vergrößerten Auslaßverlustes sein. Die Niederdruckseite arbeitete bei den Versuchen fast nur im Naßdampfgebiet, wobei der Dampf im Abdampfstutzen bei 98 vH Luftleere und Vollast bis zu 11,2 vH Feuchtigkeit erreichte. Die Maschine ist aber für nur 96 vH Luftleere berechnet. Die von der AEG auf diese Luftleere umgerechneten Wirkungsgrade der Turbine sind in Abb. 5 ebenfalls eingezeichnet. Dabei wurde die Veränderung des Leistungsanteiles der letzten Stufe für verschiedene Belastungen unmittelbar aus den Geschwindigkeitsdreiecken bestimmt. Es ergibt sich dann für die gesamte Turbine bei 80 000 kW Leistung rechnungsmäßig ein Kupplungswirkungsgrad von 84 vH.

Die von der AEG gegebene Gewähr in bezug auf Leistung und Dampfverbrauch ist erfüllt worden. Die Messungen des Dampfverbrauches haben zwischen $^4/_4$- und $^2/_4$-Last eine Unterschreitung der garantierten Werte um 2,45 vH ergeben. Da auch der mehr als einjährige Betrieb aller Maschinen zu voller Zufriedenheit verlaufen war, so wurde die endgültige Abnahme der drei 80 000 kW-Turbosätze des Klingenberg-Werkes ausgesprochen.

[B 1709]

Fachsitzung „Landwirtschaftstechnik“

gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Die Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft (ATL) beim Verein deutscher Ingenieure behandelte in ihrer Fachsitzung am 10. Juni 1928 in Essen eingehend die Fragen der technischen Durchdringung der Landwirtschaft sowie die Möglichkeit, die Anwendung neuzeitlicher landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte ganz wesentlich zu steigern. Die Lage Essens war auch äußerlich dazu geeignet, da der industriereiche Westen eine gleich hochstehende, intensiv betriebene Landwirtschaft aufweist. Hier ist der Beweis erbracht, daß starke Industrialisierung eines Bezirks eine lebenskräftige Landwirtschaft keineswegs ausschließt, ihr im Gegenteil hervorragende Möglichkeiten bietet. Entsprechend der Wichtigkeit der Fragen konnte Dr.-Ing. Juchö, Dortmund, als Vorsitzender eine zahlreiche Hörerschaft, insbesondere auch die Vertreter der Reichs- und Staatsbehörden, begrüßen. Über die

Entwicklungstendenzen im deutschen Landmaschinenbau[1])

berichtete Prof. Dr.-Ing. Vormfelde vom Landmaschineninstitut Bonn-Poppelsdorf, nachdem er zunächst treffend das Verbindende und das Trennende zwischen dem Landingenieur und den Ingenieuren der andern Industriezweige betont hatte. Der Landingenieur muß „geboren“ sein; er ist ein Menschenschlag für sich, Praktiker durch und durch, der nie nachgebend nach immer neuen Lösungen sucht, auch wenn er noch so große Enttäuschungen erlebt. Dringend ist vor der Auffassung zu warnen, daß unser Nachwuchs etwa nur aus Ingenieuren hervorgehen müßte, die ihr Examen mit Auszeichnung bestanden haben oder in der Differentialrechnung besonders zu Hause sind; zwei Jahre gründliche Praxis in „ländlicher Luft“ allein kann die Grundlage abgeben. Außerordentliche Vielseitigkeit der Aufgaben und z. T. der Lösungen stellt noch heute der landwirtschaftliche Betrieb dem Ingenieur.

In England hat Fowler an seinem alten Dampfpflug die Dampfmaschine durch einen MAN-Dieselmotor ersetzt, McLaren durch einen Benz-Dieselmotor; der Betrieb wird hierdurch in einzelnen Fällen wirtschaftlicher, da das lästige Kohlen- und Wasserfahren wegfällt. Von Kraftschleppern, die man gleichfalls der Wirtschaftlichkeit halber nicht nur zum Pflügen benutzen sollte, fehlt noch der vielseitig verwendbare Kleinschlepper. Es ist z. B. ein Mangel des Gartenfräsers, daß er zwar Tiefarbeit bewältigt, aber noch immer nicht zum Ziehen der Hackmaschine verwendbar ist. Erst ein solcher Kleinschlepper kann auf großen Absatz rechnen. Die schlimmsten Arbeitsspitzen in der Ernte sind es immer, die den Landbetrieb verteuern. Am wichtigsten sind daher Geräte und Maschinen, die bei Hochbetrieb Leute und Gespanne sparen. Dahin gehört auch der Mähdrescher, den ein Franzose europäischen Betriebsverhältnissen anzupassen versucht hat.

Grundsätzliche Schwierigkeiten bieten aber noch die Maschinen zur Bewältigung der Hackfrüchte. Auf Vorrat arbeitende Kartoffelernter, die nennenswert Leute sparen, gibt es noch nicht, und die Rübenernter sind meistens von gutem Wetter und günstigen Bodenverhältnissen abhängig. Beide Probleme sind also noch völlig im Fluß. Zahllose Sonderaufgaben stellt die notwendige Ertragsicherung, z. B. durch Grabenanlagen, Rohr- oder Maulwurfdrainage in nassen Jahren oder durch Beregnung in trockenen Zeiten; doch ist letzteres nur für wertvolle Kulturen wirtschaftlich. Ebenso wichtig ist der Schutz der Ernte vor den Unbilden der Witterung, ihre Aufbewahrung, der Kampf gegen ihre Schädlinge. An die Überführung von Kartoffeln und Milch in Dauerware sollte man immer ernstlicher herangehen. In starker Initiative hat hierzu das Reichsernährungsministerium in dankenswerter Weise Mittel zur Verfügung gestellt.

Vom Scheidt, Düsseldorf, ein in der rheinisch-westfälischen Landwirtschaft wie in der Industrie bekannter landwirtschaftlicher Fachmann, sprach über

die Landwirtschaft des Industriegebietes und ihre Forderungen an die Technik.

Das rheinisch-westfälische Industriegebiet ist der am stärksten bevölkerte Teil unseres Vaterlandes, durch Straßen, Wege und Kanäle tausendfach verbunden und durchpulst von einer Arbeitsentfaltung wie nirgendwo. Hier arbeitet die Landwirtschaft genau so intensiv und im gleichen Tempo wie die Industrie. Das Gebiet ist in bezug auf Bode Klima- und Betriebsverhältnisse sehr mannigfaltig. De entsprechend ist auch Nutzungsart und Ertrag sehr v schieden. In der Nähe der Städte wird ausgedehnter G müsebau betrieben, das Klima ist mild und z. T. feuc so daß der Boden in der Ebene fast den ganzen Wint hindurch bearbeitet werden kann. Von einer „Winterru des Bauern“ kann hier also nicht mehr gesprochen werd

Der Kleinbetrieb herrscht durchaus vor. U gefähr 50 vH aller Betriebe haben unter 5 ha, die ander etwa 25 bis 50 ha Nutzfläche, größere Betriebe sind A nahmen; auch der Großgrundbesitz besteht meist aus ei zelnen Klein- und Mittelhöfen, die in Pacht bewirtschaf werden. Die Arbeiterverhältnisse sind ungünstig; selb bei starker Arbeitslosigkeit in den Städten herrscht no Arbeitermangel auf dem Lande, da eine Rückwanderu selten stattfindet. Es ist eine dringende Zukunftsaufga und durchaus nicht unmöglich, hier zeitweise einen A gleich zu schaffen. Demzufolge war stets das Interesse f Maschinen groß und wächst noch ständig. Sie finden der Landwirtschaft des Industriegebietes eine zweckmäßi und pflegliche Behandlung, da der Betriebsinhaber und sei Angehörigen sie meist selbst bedienen müssen. Der V tragende nannte dann eine Reihe von Wünschen der rh nisch-westfälischen Landwirtschaft an die Technik zur E füllung ihrer Aufgabe, der benachbarten Industrie d Hauptteil ihres Verpflegungsbedarfs zu liefern.

An den Getreideerntemaschinen erkennt die deutsc Landwirtschaft mit Freude die großen Fortschritte der h mischen Industrie an. Ein wirklich einwandfrei arbeite der Rübenernter oder gar Kartoffelernter ist jedoch no nicht vorhanden. Die Wirtschaftlichkeit der Schlepper im I triebe liegt in der besseren Ausnutzung des guten Wetters b Saat und Ernte und für den Pferdezüchter in der Schonu der tragenden Stuten. Es fehlt noch ein zuverlässiger pre werter Schlepper für den Bauern. Eine große Zukunft hab im Industriegebiet Futtersilos für die Milchviehhaltu vor allem aber alle landwirtschaftlichen Fördereinrichtu gen, wie Aufzüge, Fuderablader usw. Gleichmäßig arb tende und leicht zu reinigende Düngerstreuer sind dringe erforderlich. Vorbedingung für die Vervollkommnung d landwirtschaftlichen Technik ist aber in jedem Fall ei sachrichtige Unterweisung des Landwirts in der Führu und Behandlung seiner Maschinen, die z. B. die praktisch Lehrgänge der Arbeitsgemeinschaft, Ortsgruppe Niederrhe in der letzten Zeit in Düsseldorf gezeigt haben.

„Die Bedeutung des rheinisch-westfälischen Industrie-reviers für den Landmaschinenbau“

lautete der Vortrag Dipl.-Ing. Feustels, der in leite der Stellung in der Krupp-Landmaschinenfabrik tätig i Wenn vom rheinisch-westfälischen Industriebezirk die Re ist, so wird dabei meist an Kohle und Eisen, an Maschin und Werkzeuge aller Art gedacht, aber nur selten an die b deutsame Rolle, die gerade hier der Landmaschinenbau g spielt hat und noch spielt. Der Landmaschinenbau ka aber hier auf eine lange Vergangenheit zurückblicken. Ei große Anzahl alter Firmen, die zum Teil seit Gene tionen Landmaschinen herstellen, sind hier ansässig. S sind vielfach aus einer Dorfschmiede oder Stellmacherei Fabriken mit weltbekannten Namen emporgewachs Andere Werke von Weltruf, die frühere Rüstungsindustr mußten sich nach dem Diktat von Versailles umstellen u haben die Herstellung von Landmaschinen in großem U fang und mit hervorragendem, durch Wissen, Können u Überlieferung gesichertem Erfolg aufgenommen. Die A führungen von Dipl.-Ing. Feustel bewiesen erne daß der Landmaschinenbau keine untergeordnete Rolle f den Ingenieur spielen darf, sondern daß er vielmehr mit die erste Stelle des deutschen Maschinenbaues treten soll

Eine rege Aussprache brachte zahlreiche Ergänzung zu den Ausführungen der Vortragenden, die bei der Kü der Zeit viele Gebiete nur streifen konnten. Auch ka manche Unstimmigkeit über den zu beschreitenden Weg b der Lösung der wichtigsten Zeitfragen zum Ausdruck, w auch bei der verschiedenen Berufseinstellung der Vortrage den nicht weiter verwundert. Erfreulicherweise war jedo festzustellen, daß über das zu erstrebende Ziel völlige Übe einstimmung herrschte: deutsche Industrie und deutsc Landwirtschaft, ihr Wohl und Wehe ist untrennbar mitei ander verknüpft. Auf den deutschen Acker g hören deutsche Maschinen, in das deutsch Haus nur die deutsche Ernte!

[N 1787] Dr. Engelbrecht

[1]) Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

Zur Frage der Berechnung von Mastgründungen großer Abmessungen unter schwierigen Bodenverhältnissen[1])

Von Prof. Dr.-Ing. A. Kleinlögel, Darmstadt

Mastgründungen werden in Deutschland zur Zeit im allgemeinen nach dem Verfahren von Fröhlich[2]) berechnet, einem Verfahren, das von behördlicher Seite als maßgebend anerkannt ist und nach den „Vorschriften für Starkstromleitungen" des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sowie nach den Vorschriften der Reichspost und der Reichsbahn der Bemessung von Mastgründungen zugrunde gelegt werden muß. Dabei wird aber vielfach übersehen, daß es sich hier um ein Verfahren handelt, das nicht auf einer streng wissenschaftlichen Theorie aufgebaut, vielmehr aus Versuchen abgeleitet worden ist, die Fröhlich bei einer bestimmten Bodenart an bestimmten Masten mit verschieden ausgeführten Gründungen angestellt hat. Heute kommen Blockgründungen vor, deren Abmessungen und Belastungen ein vielfaches der Fröhlichschen Versuchsgründungen betragen, und ihre Form, die durch das Verhältnis $\frac{\text{untere Gründungsbreite}}{\text{Eingrabetiefe}} = \frac{b}{t}$ gekennzeichnet wird, weicht von der der Versuchsgründungen wesentlich ab.

Abgesehen davon, daß die Anwendung der Fröhlichschen Formeln bei derartigen Verhältnissen eine sehr weitgehende und somit kaum zulässige Extrapolation in einem durch Versuche in keiner Weise belegten Gebiet bedeutet, haften der Fröhlichschen Theorie folgende Mängel an:

1. Die Versuche beschränkten sich auf eine einzige Bodenart, von der Fröhlich nur das Raumgewicht und den Böschungswinkel angibt. Aus der Arbeit von Fröhlich ist nicht zu erkennen, ob der Baugrund gut oder schlecht war, und es kann daher nicht festgestellt werden, ob die in einem bestimmten Fall vorliegenden Bodenverhältnisse günstiger oder ungünstiger sind als bei den Fröhlichschen Versuchen. Das Fröhlichsche Verfahren bietet keine Möglichkeit einer Anpassung an die jeweilige Bodenbeschaffenheit; es liefert vielmehr für alle Bodenarten dieselben Abmessungen.

2. Fröhlich verzichtet auf jeden Nachweis einer Bodenpressung; die Kenntnis der wahrscheinlichen Größe der Bodenpressungen aber bietet die einzige Möglichkeit zur vergleichenden Beurteilung verschiedener Gründungen, sowie zur Beurteilung der Sicherheitsfrage.

Daß das Fröhlichsche Verfahren nicht befriedigend ist, wurde schon von verschiedenen Seiten erkannt und hervorgehoben, und es sind auch andre Verfahren entstanden, die die Berechnung von Mastgründungen bezwecken[3]). Diese Verfahren sind theoretisch viel besser aufgebaut als das Fröhlichsche, sie sind aber auch nicht ausreichend, um die Frage der Berechnung von Mastgründungen von außergewöhnlich großen Abmessungen bei schlechtem Baugrund zu lösen. (Bezüglich der Einzelheiten sei auf die Originalarbeit verwiesen.) Ich war daher, als ich vor die Aufgabe gestellt wurde, die Gründungen einer Höchstspannungsleitung unter sehr schwierigen Bodenverhältnissen — Schwimmsand mit Grundwasser bis zur Erdoberkante — zu bemessen, genötigt, neue Wege einzuschlagen.

In Anbetracht der großen Unsicherheiten, die dem Problem anhaften, dürfte es heute kaum möglich sein, eine theoretisch genaue Lösung zu finden. Es genügt aber für die Praxis vollständig, wenn es gelingt, die Wirklichkeit einzukreisen und die Grenzen anzugeben, innerhalb deren sich die an einem Gründungskörper angreifenden Kräfte befinden müssen.

Zur Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen dieser Kräfte ist bezüglich des Spannungsverlaufes eine Annahme nötig. Wenn kein Spitzenzug und Wind vorhanden ist, wenn also am Mast nur lotrechte Kräfte wirken, sind die Bodenpressungen über die ganze Sohle gleichmäßig verteilt. Denkt man sich den Spitzenzug von null an allmählich anwachsend, so entsteht zunächst eine trapezförmige Verteilung der Bodenpressungen, und die wagerechte Kraft wird in der Hauptsache von dem — bisher nicht weiter berücksichtigten — Gleitwiderstand an der Sohle aufgenommen. Infolge der Zusammendrückbarkeit des ungleichmäßig beanspruchten Bodens beginnt mit wachsendem Spitzenzug eine langsame Drehbewegung des Gründungsblockes, wodurch dann allmählich ein Widerstand in Form seitlichen Erddruckes hervorgerufen wird. Dabei ist zu erwarten, daß der seitliche Erddruck, im Gegensatz zu dem Vorgang bei einer translatorischen Bewegung, nur langsam ausgelöst wird und sich erst mit zunehmender Verdrehung des Gründungsblocks bis zu einem nach der Erddrucktheorie ermittelbaren Grenzwert steigert. Die trapezförmige Verteilung der Bodenpressungen geht bei einem bestimmten Wert des Spitzenzuges in eine dreieckförmige über, sobald die Resultierende aller Kräfte oberhalb der Sohle (einschließlich des passiven Erddrucks) aus dem Kern der Grundrißfläche herausfällt. Es kann ohne einschlägige Versuche nicht von vornherein entschieden werden, ob bei Eintritt dieses Zustandes die zulässige Spitzenverschiebung, die mit einer zulässigen Verdrehung des Gründungskörpers gleichwertig ist, bereits erreicht ist oder nicht. Solange hierüber keine weiteren Versuche vorliegen, wird angenommen, daß die Sohlenpressungen bereits dreieckförmig verteilt sind, noch ehe eine unzulässig große Verdrehung stattgefunden hat.

Vorstehend wurde ohne nähere Begründung stillschweigend vorausgesetzt, daß der Spannungsverlauf an der Sohle

Abb. 1
Spannungsverlauf 1.

Abb. 2
Spannungsverlauf 2.

Abb. 3
Spannungsverlauf 3.

Abb. 1 bis 3
Verschiedene Annahmen für den Verlauf der wagerechten Bodenpressungen.

[1]) Auszug aus dem Forschungsheft des Vereines deutscher Ingenieure „Festgabe Carl von Bach zum achtzigsten Geburtstage".

[2]) Dr. Ing. H. Fröhlich, Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten, 2. Aufl., Berlin 1921

[3]) U. a. sind zu nennen: W. L. Andrée, Zur Berechnung von Mastfundamenten, „Der Eisenbau" Bd. 11 (1920) S. 210; Dr.-Ing. H. Dörr, Die Standsicherheit der Masten und Wände im Erdreich, Berlin 1922.

linear ist, oder mit andern Worten, daß die Einsenkungen des Bodens und seine Pressungen miteinander verhältnisgleich sind. Diese Gesetzmäßigkeit dürfte bei der sehr großen Steifigkeit des Gründungskörpers für die Sohlenpressungen ziemlich gut zutreffen. Anders verhält es sich jedoch mit den seitlichen Bodenpressungen. Hier ist ein linearer Spannungsverlauf unwahrscheinlich, weil sich die „Bettungsziffer" für wagerechte Belastung mit der Höhe im allgemeinen stark ändert. Es bleibt also für die wagerechten Pressungen nichts andres übrig, als eine Untersuchung und eine Abschätzung der wahrscheinlichen Grenzen für mehrere Annahmen durchzuführen.

In Abb. 1 bis 3 sind drei voneinander verschiedene, an sich willkürliche, aus der Literatur bekannte Annahmen für den Verlauf der wagerechten Bodenpressungen dargestellt, von denen aber immerhin gesagt werden darf, daß sie die Wirklichkeit einschließen.

Hinsichtlich der übrigen Voraussetzungen unterscheiden sich Abb. 1 bis 3 nicht. Die Bedeutung der gewählten Bezeichnungen ist aus den Abbildungen klar. Gesucht werden die Bodendrücke P_1, P_2, P_3, also die Bodenpressungen p_1, p_2, p_3, die Reibungskräfte P_1', P_2', P_3' und die Längen z und $3\,y$, durch die die Lage der augenblicklichen Drehachse des Gründungsblocks bestimmt wird (D).

Da die Gleitwiderstände bei der Gewährleistung des Gleichgewichts wesentlich mitwirken, wurden diese — im Gegensatz zu den bisher bekannten Verfahren — ebenfalls in die Rechnung eingeführt. Wie neuere Versuche ergeben haben, hat man es hier nicht lediglich mit reiner Reibung, sondern nur zum Teil mit reinem Reibungswiderstand zu tun, der von der Flächengröße unabhängig ist, zum andern Teile aber mit reiner Haftfestigkeit, die vom Druck unabhängig ist und nur mit der Flächengröße zunimmt. Als Gleitwiderstand wird aber vorerst praktisch trotzdem nur der von der Reibung herrührende Teil in Rechnung gestellt, weil über die Größe der Haftung zwischen Beton und Erde zur Zeit noch nähere Anhaltpunkte fehlen. Die auf diese Weise berücksichtigten Gleitwiderstände sind also jedenfalls kleiner als die wirklichen.

Die Reibungskräfte werden als Reibungszahl × Normalkraft eingeführt. Der Rechnungsgang bliebe der gleiche, wenn man die Haftwiderstände als Funktionen der Flächengrößen berücksichtigte.

Die Aufgabe ist statisch zweifach unbestimmt; denn es stehen fünf Unbekannten nur drei Gleichgewichtsbedingungen gegenüber. Zur Lösung müssen daher bei jedem Spannungsverlauf zwei Annahmen gemacht werden, die vom logischen und praktischen Standpunkt aus als berechtigt erscheinen.

Der Rechnungsgang sei hier nur kurz beschrieben.

Die drei ersten Gleichungen erhält man aus den allgemeinen statischen Gleichgewichtsbedingungen. Eine der zwei fehlenden weiteren Bedingungen ergibt sich aus der Annahme, daß sich die größten wagerechten Pressungen wie ihre Abstände von der wagerechten Achse durch die Momentan-Drehachse D verhalten. Im zweiten Falle wird die mittlere Pressung eingeführt. Durch algebraische Umformungen gelangt man zu zwei Gleichungen, die als Unbekannte die Größen P_1 und z enthalten. Die weitere zur Lösung der Aufgabe erforderliche Annahme bezieht sich auf die Größe des Erdwiderstandes P_1. Für diese Kraft sind Grenzen gegeben. Die untere Grenze ist $P_1 = 0$. Diese ist ohne weitere Bedeutung; es liegt dann einfach der Mohrsche Fall vor. Um so wichtiger ist die obere Grenze $P_1 = E_w$, weil der mögliche Größtwert des Erdwiderstandes, über den hinaus P_1 nicht wachsen kann, mit Sicherheit erreicht wird, ehe der Mast umfällt, sobald die Neigung des Gründungskörpers einen gewissen Winkel überschreitet. Der Spannungszustand, der diesem Grenzfall entspricht, ist von besonderer Bedeutung; er ist kennzeichnend für die Standsicherheit des Mastes. P_1 kann mit Hilfe von bekannten Größen und z ausgedrückt werden.

Der größtmögliche Erdwiderstand (passiver Erddruck) wird auf Grund der Erddrucktheorie ermittelt, wobei das Raumgewicht der Erde (γ_e), ihr natürlicher Böschungswinkel ϱ und der Neigungswinkel des Erddrucks gegen die Wandnormale δ als bekannt vorausgesetzt werden muß. Dabei leisten für zahlenmäßige Berechnungen die von Krey[4]) aufgestellten Erddrucktafeln gute Dienste. Bei der Einschätzung von δ muß die Bewegungsmöglichkeit der dem Erddruck ausgesetzten Fläche beachtet werden. Die Abweichung des Erddrucks von der Wandnormalen kann nie größer werden als der Reibungswinkel zwischen Wand und Erde (ϱ'). Innerhalb dieses Winkels ist ganz allgemein jede Lage möglich. Ein positiver Wert von δ ist aber von Anfang an unwahrscheinlich. Im ungestörten Erdkörper

[4]) Krey, Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes, 3. Aufl., Berlin 1926.

Abb. 4 bis **6**
Beziehungen zwischen Tiefe und Breite des mitwirkenden Erdkörpers.

ist der Erddruck auf eine senkrechte Wandfläche paral[lel] zur Erdoberfläche gerichtet, also bei wagerechtem Gelän[de] wagerecht. Es ist daher zu erwarten, daß zu Beginn [der] Drehbewegung der Mastgründungen der Erdwidersta[nd] an der dem Spitzenzug zugekehrten Seite etwa wagere[cht] wirkt. Bei stärkerer Neigung des Gründungskörpers nim[mt] auch der Erdwiderstand eine geneigte Lage ein, wobei mit großer Wahrscheinlichkeit negativ wird.

Das Negativwerden von δ ist für die Kippsicherh[eit] günstig, tritt aber jedenfalls erst bei unzulässig groß[en] Spitzenverschiebungen ein. Innerhalb der Grenzen [der] praktischen Brauchbarkeit des Mastes ist ein negativer W[ert] von δ nicht zu erwarten; am besten wird, solange weite[re] Versuche nicht andre Anhaltspunkte geben, $\delta = 0$ geset[zt].

Die Breite der mitwirkenden Erdschicht wird in [der] Tiefe h nach Krey zu $b_1 + m\,h$ angenommen, Abb. 4 bis [6], wo m einen von der inneren Reibung abhängigen Beiw[ert] bedeutet. Will man auf die Mitwirkung der benachbart[en] Erdschicht verzichten, so setzt man $m = 0$; es dürfte jed[och] der Wirklichkeit eher entsprechen, wenn man mit $m =$ [...] rechnet, solange keine weiteren Versuche vorliegen.

Durch Auswertung der Bedingung $P_1 = E_w$ erhält m[an] für z eine Gleichung, die im Fall 1 vierten, für Fall 2 und dritten Grades ist. Die übrigen Unbekannten ergeben s[ich] dann ohne weiteres durch Einführung von z in die einzeln[en] Formeln. Die Anwendung des hier ausgearbeiteten Rech[en]verfahrens auf ausgeführte Gründungen zeigt in der Me[hr]zahl der Fälle, daß bei dem rechnungsmäßigen Spitzenz[ug] die obige Voraussetzung der Ausnutzung des vollen E[rd]widerstandes nicht erfüllt sein kann, weil man zu ein[em] unwahrscheinlichen und unmöglichen Spannungsbild [ge]langt. Das ist auch von vornherein zu erwarten; denn [der] Sicherheitsgrad einer Mastgründung ist um so größer, [je] weiter der Spitzenzug über seinen rechnungsmäßigen W[ert] hinaus gesteigert werden kann, ehe der Grenzwert des E[rd]widerstandes ausgenutzt wird. Somit sollte bei dem [zu]lässigen Spitzenzug nur ein Teil des Erdwiderstandes [zur] Aufrechterhaltung des Gleichgewichts nötig sein. [Der] Wirklichkeit kann man also dadurch näherkommen, [daß] für P_1 kleinere Werte als E_w eingesetzt und die da[zu]gehörigen, durch P_1 eindeutig bestimmten Spannungen [er]mittelt werden. Es empfiehlt sich daher, zuerst die Gre[nz]bedingungen $P_1 = E_w$ auszuwerten und dann Einzelwerte einzuführen, die kleiner sind als diese Grenze. Wird [...] P_1 gleich ein Zahlenwert in die Gleichungen gesetzt, so v[er]einfachen sich diese erheblich, ihr Grad wird um 1 [er]mäßigt. Werden dann die Spannungen p_1, p_2, p_3 in Abh[än]gigkeit von P_1 zeichnerisch aufgetragen, so gewinnt m[an] nach einigen Versuchsrechnungen einen ausreichenden E[in]blick in die tatsächlichen Verhältnisse.

Der erste wesentliche Unterschied gegenüber den b[is]herigen Theorien zeigt sich darin, daß die Spannungen [...] hinter den Werten p_1 und p_3 zurücktreten, und zwar [im] allgemeinen um so mehr, je größer $\frac{b}{t}$ wird. Das ist [vor] allem dadurch begründet, daß der Sohlenreibung ein T[eil] der wagerechten Kräfte zugewiesen wird, wodurch P_2 [ent]lastet wird. Mit der Zunahme von $\frac{b}{t}$ verschiebt sich [die] Bedeutung der einzelnen Spannungen. Gegenüber p_2 w[...]

Abb. 7
Zeichnerische Auswertung der Fröhlichschen Versuchsgründung IX.

Die zur Berechnung nötigen Festwerte seien wie folgt angenommen:

$$\varrho = 34°,\ \gamma_b = 2200\ \text{kg/m}^3,$$
$$\gamma_e = 2180\ \text{kg/m}^3$$

(in Übereinstimmung mit den Angaben von Fröhlich), ferner

$$\varrho' = 19°,\ \delta = 0,\ m = 1.$$

Die Annahme $P_1 = E_w$ führt erwartungsgemäß zu einem unwahrscheinlichen Spannungsbild, bei dem die Sohlenpressungen trapezförmig verteilt sind. Als Größtwert des Erdwiderstandes hat sich $P_1 =$ 16 600 kg ergeben, und p_1 ist um ein Vielfaches größer als p_3. Der Zustand $p_1 = p_3$ wurde bei Spannungsverlauf 1 mit $P_1 = 11\,300$ kg, bei Spannungsverlauf 2 mit $P_1 = 10\,400$ kg, bei Spannungsverlauf 3 mit $P_1 = 9000$ kg erreicht. Bildet man die Mittelwerte für p_1 und p_3 aus Spannungsverlauf 2 und 3, was, wie in der Originalarbeit gezeigt wird, besonders bei größeren Gründungen als gute Näherung gelten kann, so wird $P_1 = 9700$ kg. In diesem Zustand ist die Spannungsverteilung an der Sohle noch immer trapezförmig, woraus zu schließen ist, daß der wahrscheinliche Wert von P_1 noch kleiner sein dürfte. Bei etwa 8700 kg tritt dann der dreieckige Spannungsverlauf ein; einer geringen Abnahme von P_1 entspricht sofort eine sehr rasche Zunahme von p_3. Mit P_1 zwischen 7000 und 8000 kg befindet man sich also in demjenigen Gebiet, das als das w a h r s c h e i n l i c h e bezeichnet werden kann.

Abb. 8 zeigt eine ähnliche Untersuchung der Fröhlichschen Gründung I für den zulässigen Spitzenzug von 2580 kg.

Die Untersuchung von großen flachen Gründungen (mit $\frac{b}{t}$ zwischen 1,6 und 2,2) hat zu dem Ergebnis geführt, daß es bei dieser Form nicht wesentlich ist, welchen Spannungsverlauf man der Berechnung zugrundelegt.

Zur Veranschaulichung dieser Behauptung seien die Ergebnisse für folgenden Fall mitgeteilt:

Spitzenzug . . . . $H = 31{,}5$ t
Moment, bezogen auf Geländeoberkante $M = 730$ mt

$$h = \frac{730}{31{,}5} = 23{,}20\ \text{m}.$$

Mastgewicht einschließlich Ausrüstung 37,4 t. Als Baugrund wurde sehr schlechter Boden (Schwimmsand mit Grundwasser bis zur Erdoberkante) vorausgesetzt. $\gamma_b = 2{,}2$ t/m³, $\gamma_e = 1{,}8$ t/m³, $\gamma = 1$ t/m³, Wasserverdrängung 65 vH, $\varrho = 25°$, $\varrho' = 11°$, $\delta = 0°$.

Abb. 8
Zeichnerische Auswertung der Fröhlichschen Versuchsgründung I.

dan p_1 und p_3 maßgebend. Die Pressung p_2 kann bei großen Gründungen ganz verschwinden, rechnerisch ergeben sich sogar mitunter negative Werte, was natürlich nicht möglich ist. Dies deutet aber darauf hin, daß in solchen Fällen die Sohlenreibung allein größer werden kann als der Unterschied zwischen Erdwiderstand und Spitzenzug, daß also das Gleichgewicht der wagerechten Kräfte auch mit $P_2 = 0$ gewährleistet ist.

Ein Verhältnis $p_1 > p_3$ ist bei den hier in Frage kommenden flachen Gründungen unwahrscheinlich, insbesondere innerhalb der zulässigen Verdrehungen des Gründungsblocks. Es ist vielmehr anzunehmen, daß $p_1 < p_3$ ist. Bei Einführung des vollen Erdwiderstandes in die Gleichgewichtsbedingungen tritt $p_1 > p_3$ immer ein, wenn der in Rechnung gestellte Spitzenzug im Verhältnis zur Tragfähigkeit der Gründung klein ist. Es kommt dann auch vor, daß sich an der Sohle gar nicht eine dreieckige, sondern eine trapezförmige Spannungsverteilung ergibt, was den bei der Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen gemachten rechnerischen Voraussetzungen nicht mehr entspricht. In solchen Fällen ist die Standsicherheit des Mastes reichlich gewährleistet.

Als Beispiel sei hier die Untersuchung der Fröhlichschen Versuchsgründung IX angeführt, Abb. 7. Als Spitzenzug wurde der von Fröhlich für diese Gründung als „zulässig" bezeichnete Wert $Z = 2355$ kg in Rechnung gestellt.

Abb. 9
Verlauf der Bodenpressungen bei einer Gründung im Schwimmsand (220 000 V-Leitung)

In einem so schlechten Boden kann bei flachen Gründungen der passive Erddruck nur einen Teil des Kippmomentes aufnehmen. Der Zustand $P_1 = E_w$ wird hier also bald erreicht sein. Davon ausgehend, wurden mit obigen Annahmen die Spannungen für verschiedene Gründungsformen ermittelt, wobei b_1 immer zu 4,2 m, b und t gemäß Zahlentafel 1 gewählt wurden.

Zahlentafel 1

b / t			
	6,4 / 3,3		6,4 / 3,9
		6,8 / 3,6	
	7,2 / 3,3		7,2 / 3,9

Zum Vergleich sind die Spannungen auch nach Mohr ermittelt und die Ergebnisse in Zahlentafel 2 zusammengestellt worden. Die arithmetischen Mittel aus den Spannungen nach Annahme 2 und 3 sind besonders angegeben.

Abb. 10
Beziehungen zwischen Gründungsbreite und Bodenpressungen in Abhängigkeit von der Eingrabetiefe bei schlechtem Baugrund (Hilfstafel zu Abb. 11).

Vergleicht man diese mit den Spannungen nach 1, so fi[...] man bei p_3 Abweichungen bis zu höchstens 10 vH.

In Abb. 9 ist der Spannungsverlauf für die Grün[...] $b = 6{,}8$ m, $t = 3{,}6$ m der oben erwähnten Gruppe darges[...] p_1 und p_3 bedeuten hier die arithmetischen Mittel a[...] und 3. Auch bei voller Ausnutzung des Erdwidersta[...] ist p_3 ungefähr zweimal so groß wie p_1, der Schnittp[...] $p_1 = p_3$ befindet sich rechts von $P_1 = E_w$ im Gegensat[...] den Diagrammen für die Fröhlichschen Gründungen. [...] wahrscheinliche Spannungszustand dürfte in der Nähe [...] vollen Erdwiderstandes $E_w = 83{,}1$ t liegen, wenn der [...] sehr schlecht vorausgesetzte Boden überhaupt imstande [...] eine Beanspruchung von 2,3 kg/cm² in 3,6 m Tiefe [...] starke Formänderungen aufzunehmen. Treten diese [...] so wird bei stärkerer Neigung des Gründungskörpe[...] negativ, P_1 und somit auch p_1 wachsen weiter. Bei [...] 100 t würde $p_1 = p_3 = 1{,}8$ kg/cm², es ist aber gut mög[...] daß der vorausgesetzte Spitzenzug den Mast zum Umfa[...] bringen kann, ehe dieser Wert p_1 erreicht wird.

Um die Abmessungen einer Gründung eindeutig zu[...] stimmen, ist es nötig, den zulässigen Größtwert für [...] Bodenpressungen festzusetzen. Eine gegebene Bo[...] pressung kann auf zweierlei Art erreicht werden, in[...] die Gründungsabmessungen entweder der Tiefe oder [...] Breite nach geändert werden. Für die obigen Annah[...] sind nun eine größere Anzahl von Gründungen du[...] gerechnet worden. Die Ergebnisse sind in Abb. 10 un[...] wiedergegeben, aus denen die größten Bodenpressunge[...]

Abb. 11
Abhängigkeit der Bodenpressungen von der Eingrabetiefe und von der unteren Gründungsbreite bei schlechtem Baugrund (220000 V-Leitung).

Abb. 12
Verlauf der Bodenpressungen bei einer Gründung in trockenem Sandboden (220 000 V-Leitung).

Zahlentafel 2

Vergleichende Übersicht der Bodenpressungen bei Gründungen einer 220 kV-Leitung im Grundwasser und Schwimmsand

	Spann.-Verl. I			Spann.-Verl. II			Spann.-Verl. III			Mittel aus II und III			Sp.-Verl. nach Mohr			b
p_3	6,73		2,82	7,40		2,96	5,10		2,52	6,25		2,74	∞		10,53	6,4
p_3		2,33			2,40			2,10			2,25			4,72		6,8
p_3	1,97		1,63	1,97		1,62	1,79		1,50	1,88		1,56	3,16		2,72	7,2
p_1	1,20		1,40	0,88		0,99	1,18		1,31	1,03		1,15	0		0	6,4
p_1		1,33			0,97			1,29			1,13			0		6,8
p_1	1,29		1,47	0,95		1,05	1,27		1,41	1,11		1,23	0		0	7,2
t	3,3	3,6	3,9	3,3	3,6	3,9	3,3	3,6	3,9	3,3	3,6	3,9	3,3	3,6	3,9	

n Abhängigkeit von den Gründungsabmessungen b/t unmittelbar abgelesen werden können.

Als letztes Beispiel sei noch das Diagramm für eine Gründung mit der obigen Belastung in trockenem Sandboden wiedergegeben, Abb. 12. Hier wurde $b = 6$ m, $t =$ 3,3 m angenommen, ferner $\varrho = 35°$, $\varrho' = 20°$. Die Bedingung $P_1 = E_w = 134{,}4$ t fällt zufällig mit $p_1 = p_3 = 2{,}15$ kg/cm² zusammen. Der wahrscheinliche Wert von P_1 liegt bei etwa 120 t, von wo ab mit abnehmendem P_1 die Bodenpressung p_3 sehr stark zunimmt. [M 1415]

Leistungsverbesserung englischer Walzwerke mit den vorhandenen Einrichtungen

Die englische Hüttenindustrie hat eine schwere Krise, wie sie sie vorher nie erlebt hat, durchgemacht, auch hat sie in den letzten drei Jahrzehnten ständig an Boden verloren. Neben verschiedenen andern Ursachen ist daran ein gewisser Konservatismus und die im 19ten Jahrhundert allzu leicht errungene Vormachtstellung in der Stahlindustrie schuld, die beide dazu beigetragen haben, daß heute die meisten Anlagen veraltet und nicht leistungsfähig genug sind. Jedenfalls hat die englische Hüttenindustrie in Halb- und Fertigerzeugnissen mit internationalen Preisen in einer Schärfe in Wettbewerb zu treten, wie sie sie früher nicht gekannt hat. Da sie auf die Auslandspreise keinen Einfluß hat, so bleibt ihr nur die Möglichkeit, die Gestehungskosten zu vermindern, d. h. sie muß mit gewissen Vorurteilen brechen und Einschränkungen vornehmen. Da die Kapitalreserven in der Krise zumeist aufgebraucht worden sind, so besteht nicht immer die Möglichkeit, Neuanlagen zu schaffen. Man hat daher untersucht, inwieweit man mit den alten Anlagen bei geringen Verbesserungen die Erzeugung vermehren und die Gestehungskosten vermindern kann[1]).

Vergleicht man ein englisches Blockwalzwerk mit einem amerikanischen gleicher Abmessung, so wird das amerikanische, es braucht nicht einmal ein solches neuester Konstruktion zu sein, eine Monatserzeugung von mindestens 6000 t haben, wenn man als Enderzeugnis Barren von 150 × 150 mm² Querschnitt annimmt, während das englische kaum eine solche von 30 000 t haben dürfte. Der Wirkungsgrad der Walzen, d. h. das Verhältnis der Zeit, in der das Walzstück sich tatsächlich zwischen den Walzen befindet, zur Gesamtzeit, die notwendig ist, um einen Block in einen Barren von gegebener Größe umzuwandeln, beträgt höchstens 20 bis 25 vH, während es bei einer neuzeitlichen Anlage mit Kant- und Verschiebevorrichtungen guter Konstruktion mindestens 45 bis 50 vH beträgt. Diese Zahl zeigt, daß man ohne Krafterhöhung auch bei älteren Walzwerken die Erzeugung erhöhen kann. Es wird vorgeschlagen, das Blockwalzwerk im ganzen stärker zu halten, um größere Drücke geben zu können, die mechanischen Teile sorgfältiger zu konstruieren, um die Unterhaltungskosten zu vermindern und bessere Kant- und Verschiebegeräte einzubauen, so daß man die Antriebkraft besser ausnutzt.

Dies gilt auch für Schienen- und Formeisenwalzwerke. Nur selten wird bei diesen Walzwerken die Leistungsfähigkeit durch die Straße selbst oder durch den Antrieb begrenzt. So kann z. B. beim Walzenwechseln durch Verbesserung der Einrichtungen viel Zeit gespart werden. Offene Gerüste sowie Spindel- und Kupplungs-Abhebevorrichtungen werden noch lange nicht in dem Maße verwendet, wie dies auf dem Kontinent geschieht. Dem Anbringen der Führungsbalken und der Führungen selbst wird bei der Konstruktion der Ständer zu wenig Beachtung geschenkt und diese sehr wichtige Arbeit zu sehr dem Verständnis des Walzers anheimgestellt. Es ist oftmals schwierig, die wagerechte oder senkrechte Walzenstellung wegen der schlechten Konstruktion der Einbaustücke genau zu halten, alles Dinge, die außerordentlich ins Gewicht fallen. Angetriebene Rollgänge sollte man verwenden, da ohne diese auch die beste Kant- und Verschiebevorrichtung wertlos ist. Meistens sind auch die Kühlbetten, Richtmaschinen und die Adjustage unzulänglich, so daß sie die Erzeugung aufhalten.

Bei Handelseisenwalzwerken gibt es zwei Wege, die Erzeugung zu steigern und die Gestehungskosten zu vermindern. Bei den leichteren Fertigerzeugnissen sollte man von einem größeren Anfangsquerschnitt ausgehen, ferner die Handarbeit durch mechanische Einrichtungen möglichst beschränken. In den alten amerikanischen Walzwerken mit drei Gerüsten mit Walzen von 330 mm Dmr. und ungefähr 145 m/min Walzgeschwindigkeit erzeugt man 6000 bis 7200 t in einem Monat bei nur 9 bis 10 Arbeitern in einer Schicht.

Beim Streifenwalzwerk bietet die Verwendung breiterer Platinen als Ausgangserzeugnis insofern Schwierigkeit, als die Streifen in England vielfach noch im Kaliber gewalzt werden. Ein Universal-Triowalzwerk mit einem Duofertiggerüst würde hier gute Dienste leisten. [N 1725] Ste.

[1]) The Iron and Coal Trades Review Bd. 116 (1928) S. 555 u. f.

Berichtigungen

Spannungsoptische Untersuchungen von ebenen Spannungszuständen

Zum Aufsatz in Heft 27 Seite 951 dieser Zeitschrift macht mich Herr Dr.-Ing. Gonell, Berlin, darauf aufmerksam, daß es zu Mißverständnissen führt, wenn die aus durchsichtigem Zelluloid oder Zellon hergestellten Versuchskörper als Zellstoffmodelle bezeichnet werden. In dem Aufsatz sind tatsächlich nur Modelle aus wasserhellem, durchsichtigem Zelluloid oder Zellhorn gemeint.

Bei der Gelegenheit möchte ich erwähnen, daß sich für spannungsoptische Versuche wegen seiner hohen Brechungszahl besonders gut der gelbe, durchsichtige Isolierstoff Bakelite eignet. [N 1850] Gustav Mesmer

Die Bauverfahren für Landstraßen

In dem Aufsatz von Nagel, Z. Bd. 72 (1928) Heft 19, muß es auf S. 634 richtig heißen: **Abb. 3. Hochleistungskocher von Oppermann & Deichmann, Braunschweig.** [N 1800]

Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen

Ordentliche Mitgliederversammlung gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Die diesjährige ordentliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen, zu der eine große Reihe von Teilnehmern, auch aus dem Ausland, erschienen waren, begann am 9. Juni 1928 mit einem kurzen geschäftlichen Teil unter Leitung des 2. Vorsitzenden, Ministerialrat z. D. Busch. Der Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Baer, erstattete den Kassen- und Geschäftsbericht.

Im wissenschaftlichen Teile der Versammlung gab zunächst der 1. Vorsitzende, Geheimrat Prof. Dr.-Ing. E. h. de Thierry, einen kleinen Rückblick auf die Tätigkeit der Gesellschaft im verflossenen Jahr und begrüßte die zahlreichen Vertreter von Behörden und Körperschaften.

Oberreg.- und -baurat H. Bock, Essen, sprach sodann in einem eingehenden und klaren Vortrag über die Wasserwirtschaft im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. Hier wurde eine von weiten Gesichtspunkten getragene Gesamtübersicht an der Hand genauer zahlenmäßiger und zeichnerischer Unterlagen über die großen Aufgaben gegeben, die dem Bauingenieur aus der Nutzung immerhin nur in beschränktem Umfange verfügbaren Wassers für die mannigfachen Bedürfnisse des Industriegebietes erwächst, und über die vorbildliche Lösung[1]).

Reg.-Baumeister a. D. v. Stegmann, Dortmund, Baudirektor der Vereinigten Stahlwerke A.-G. hielt danach einen Vortrag über Ingenieurbauten im Bergbau über und unter Tage. Er brachte wohl zum erstenmal eine Zusammenfassung der im Bergbau vorkommenden mannigfaltigen Bauaufgaben nach ihrer konstruktiven, wirtschaftlichen und auch schönheitlichen Seite[2]).

Am 9. Juni nachmittags besuchten die meisten Teilnehmer gemeinsam die Ausstellung „Kunst und Technik“ im Folkwang-Museum. Die nächsten Tage waren Besichtigungen gewidmet.

Zunächst folgten die Teilnehmer einer Einladung des Ruhrverbandes zur Besichtigung der Ruhrkläranlage bei Hengstey und des dortigen Wasserkraftwerkes sowie einer Einladung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes zum Besuche der Baustelle des

Pumpspeicher-Kraftwerkes bei Herdecke.

Dieses Speicherwerk soll durch seine Zusammenarbeit mit den Wärmekraftwerken des RWE deren Belastungsspitzen, insbesondere die des Goldenberg-Werkes, vermindern. Das Becken hat 1,2 Mill. m³ Wasserinhalt, wird in 10 Stunden während der Nacht gefüllt und gibt zur Hauptbelastungszeit Triebwasser mit 160 m Gefälle für die Turbinen ab, die in die Ruhr ausgießen. Die Turbinenanlage des Kraftwerkes und die Pumpenanlage zum Füllen des Beckens erhält außerordentlich große Abmessungen, indem vier liegende Spiralturbinen von je 48 000 PS aufgestellt werden. Drei der von diesen angetriebenen elektrischen Maschinen können als Motoren auf Speicherpumpen arbeiten, die je 12 m³/s auf 160 m Förderhöhe drücken. Die Jahresleistung der Anlage wird 120 Mill. kWh betragen.

Zur Zeit hat man mit den Erdarbeiten für das Kraftwerk begonnen, das Speicherbecken fast ganz ausgehoben, wobei in umfangreichem Maße Baumaschinen, insbesondere elektrisch betriebene Löffelbagger zum Lösen des Felsbodens verwandt wurden. Der Bau der Umfassungswände des Beckens hatte ebenfalls begonnen. Die Sohle des Speicherbehälters wird teils mit einer dünnen Betonschicht, teils mittels Betonspritzverfahrens gedichtet. Die Umfassungswände in einer Länge von 1,4 km und 5 bis 30 m Höhe werden aus Gußbeton hergestellt. Zur Ausführung der Bauarbeiten haben sich die Firmen Hochtief A.-G., Essen, Ph. Holzmann A.-G. und Heinrich Butzer, Dortmund, zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammengeschlossen, das Kraftwerk führten Polensky & Zöllner aus.

Die Ruhrkläranlage bei Hengstey bildet einen Stausee von 4 km Länge und rd. 400 m Breite auf vertiefter Flußsohle. Auf der Sohle setzt die Ruhr den Eisenschlamm ab, den sie bei Niedrigwasser und Mittelwasser führt. Das Wegspülen des Schlammes bleibt dem Hochwasser überlassen. Das Kraftwerk Hengstey ist mit einigen neuzeitlichen Kaplanturbinen von insgesamt 4000 kW Leistung ausgerüstet und den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen zum Betrieb überlassen.

[1]) Vergl. Matschoß, „Das niederrheinisch-westfälische Industriegebiet im 20. Jahrhundert“, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 23 S. 767; der Vortrag von Bock erscheint voraussichtlich in der Zeitschrift „Die Bautechnik“.

[2]) Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift erscheinen.

Die Emscher-Kläranlage bei Karnap,

zu deren Besuch die Emschergenossenschaft eingela hatte, wird nach Größe und Bedeutung unter den zahlreic Kläranlagen der erwähnten Genossenschaft künftig ei besonderen Rang einnehmen. Das Bauwerk ist dazu stimmt, den Rhein gegen das Einschwemmen größ Mengen gewerblichen Schlammes zu schützen und Schlamm nutzbar zu machen.

Durch ein festes Wehr am Zusammenfluß der scher und der Boye werden die Wassermengen dieser Fl — bei Mittelwasser etwa 10 m³/s, bei gewöhnlichem H wasser bis 30 m³/s — in ein gewaltiges Klärbecken 200 m Länge, 160 m Breite und 3,5 m Tiefe geleitet. durchfließen das Becken in etwa 2 h. Rechen halten groben Teile zurück, so daß sich im Klärbecken nur sol Stoffe absetzen, die durch Kreiselpumpen entfernt wer können. Das Klärbecken hat gepflasterte Böschungen ist durch drei eiserne Spundwände in vier Becken un teilt. Ein umfangreiches Rinnensystem verteilt das Wa gleichmäßig auf die ganze Beckenbreite. Bei der gesam Bauanlage hat man Rücksicht auf die Senkungen im B baugebiet genommen. Der Klärschlamm wird im Betri durch bewegliche Saugbagger unter Wasser abgesogen durch ein feststehendes Pumpwerk auf Trockenplätze drückt, wo er lagert, um seine Feuchtigkeit zu verlier

Um die jährlich anfallende Menge von 250 000 m³ st festen Schlammes zu verwerten, soll dieser später in Dr rohrtrommeln getrocknet und für Kohlenstaubfeuerung Stromerzeugung verwandt werden. Der erzeugte St wird vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk ab nommen werden. Eine Versuchsanlage hierfür ist zunä in Betrieb. Die endgültige Verwertungsanlage wird Jahre 1929 entstehen. Bei der Besichtigung waren Klärbecken fast fertig, das Emscherwehr im Bau, beides Dyckerhoff & Widmann, A.-G., übernommen. Im He 1928 soll die Kläranlage in Betrieb kommen.

Von Karnap aus begaben sich die Teilnehmer zur B stelle der

Schleuse Friedrichsfeld bei Wesel.

Die Schleuse bildet einen bei M.-W. des Rhei 5 m hohen Abstieg im Lippe-Seitenkanal auf der Stre Wesel-Datteln. Auch dieses Bauwerk muß auf die Be senkungen Rücksicht nehmen. Deswegen sind die Beton hergestellten Häupter klein gehalten, so daß auf Umläufe verzichten und Hubtore mit Schützenöffnun anwenden mußte. Die Wände der 225 m langen und 1 breiten Kammer werden wegen der Bodenverhältnisse eisernen, in Kastenform ausgebauten Spundwandeisen richtet, denen 0,25 bis 0,35 vH Kupfer zur Verhütung Rostgefahr beigesetzt ist; der Urheber dieser Bauart Oberbaurat Bock, Köln. Der Entwurf der Schle stammt von der Kanalbauabteilung Essen, die Ausführ liegt der Ph. Holzmann A.-G. ob. Das Schleusenbauw wird im nächsten Jahre fertig.

Schließlich besichtigte die Gesellschaft noch Möhnetalsperre und die im Bau begriffene Sor talsperre. An der Möhnetalsperre vom Baudirektor Ing. E. h. Link und andern Beamten des Ruhrtalsper vereins freundichst empfangen, konnten die Gäste alle T dieser Talsperre eingehend kennenlernen[3]).

Die Sorpetalsperre,

südlich von der Möhnetalsperre gelegen, mit einem S raum von 81 Mill. m³ und einer Staufläche von 380 ha, dazu bestimmt, größere Wassermengen nur in einem s trockenen Jahr abzugeben und sich dann erst im Zeitra mehrerer Jahre wieder aufzufüllen. Die Sperre wird einem Erddamm mit Gußbetonkern bestehen. Der Kern 1 m über die Dammkrone hinweg und greift einschließ Sporn 4 m tief in den Felsuntergrund hinein. Der Erdda wird 700 m lang werden und bis 64 m hoch. An der S soll seine Breite 307 m, an der Krone 10 m betragen. Böschungsverhältnis an der Luftseite nimmt von 1 : 1½ auf 1 : 3¼ ab mit einer mittleren Neigung von 1 : 2,6; der Wasserseite beträgt diese 1 : 2,5. Die Schüttst bestehen an der Wasserseite zunächst aus Lehm Tonschiefer, im übrigen aus Kies und Stein. Die Bösch gen sind entsprechend befestigt und gedichtet. Der Da erhält in Abständen von je 50 m senkrechte Fugen, die der Wasserseite mit geteertem Werg ausgestemmt wer Besondere Sorgfalt wird man der Entwässerung des Ker widmen.

Zur Zeit sind erst Wegumlegungen und andre umfa reiche Vorbereitungsarbeiten im Gange. Der Bau des D mes wird absichtlich langsam mit großer Vorsicht betrie werden, damit sich die Schüttstoffe gut setzen; man w daher vor 1932 kaum fertig werden. [N 1783] B

[3]) Z. Bd. 55 (1911) S. 1169.

Neuere ununterbrochen arbeitende Filter für schlammige Massen

Von Dr.-Ing. Kurt W. Geisler, Aachen

Bauart und Betriebswerte von neuen Innen- und Außenfiltern. Eine Sonderbauart zur Zelluloseentwässerung.

Seitdem in dieser Zeitschrift[1]) über Trommelfilter, Trommelzellenfilter und Planfilter eingehend berichtet wurde, haben sich diese Geräte insbesondere in der Kohlenaufbereitung, der Kalkindustrie, der Kaliindustrie und in vielen andern Zweigen der chemischen Industrie eingeführt. Aber man ist bei den damals beschriebenen Formen nicht stehen geblieben. Insbesondere hat das Trommelzellenfilter eine große Vervollkommnung erfahren und erfreut sich in der Industrie unter verschiedenen Bezeichnungen und in mannigfachen Ausführungsarten steigender Beachtung.

Innenfilter

Grundsätzlich neu sind Innenfilter, Abb. 1 bis 3, der Firma Fr. Gröppel, Bochum. Bei dieser Bauart ging man von der Erwägung aus, daß es besser sei, das Filtergut nicht nur ansaugen zu lassen, sondern das erste Haften an der Filterfläche durch die Wirkung der Schwerkraft zu unterstützen. Denn Tauchfilter kommen nur für Schlammarten zur Anwendung, deren Feststoffe sich durch Rühren im Trog schwimmend erhalten und sich infolgedessen durch die Trommel entgegen der Schwerkraft nach oben absaugen lassen. Bei einer bestimmten Körnigkeit ist der Gebrauch dieser Filter von vornherein beschränkt; spezifisch schweres und grobkörniges Gut wird sich entgegen der Schwerkraft nicht ansaugen lassen, sich am Boden des Troges absetzen und den Filterbetrieb störend unterbinden.

Diesem Übelstand sollte durch die Planfilter[2]) abgeholfen werden. Ihre stets wagerechte Oberfläche ermöglicht, Stoffe jeglicher Körnung und Schwere aufzutragen, setzt aber voraus, daß diese Stoffe eine gute Durchlässigkeit behalten, auch in der nach Abnahme restlich auf der Filterfläche verbleibenden sogenannten Kunstschicht. Ein Ausblasen der Filterfläche nach jeder Abnahme ist beim Planfilter nicht so wirksam, wie entsprechende Vorgänge beim Trommelfilter, indem beim Trommelfilter das abgeblasene Gut in den Trog zurückfällt und wieder neu durchgeführt wird; beim Planfilter ist nur ein Auflockern der Schicht möglich, die aber auf der Filterfläche verbleibt und durch Verdichtung mit der Zeit störend wirken kann. So ist diesen Filtern ein begrenztes Arbeitsfeld gezogen.

Das Innenfilter soll nun alle Vorteile der Planfilter und der Außen-Trommelfilter in sich vereinigen. Sein Hauptteil ist eine Trommel *d*, Abb. 1 bis 3, mit doppelter Wandung. Der Hohlraum ist in der Länge der Trommel durch senkrechte, radial gerichtete Wände in Kammern *e* unterteilt, die gegeneinander dicht abgeschlossen sind. Die innere, hohlgekrümmte Trommelwand wird durch einen siebartig gelochten Blechmantel *f* gebildet, der mit Filterstoff oder Gaze bespannt ist. Eine Blechwand *g* schließt die Hinterwand dieser Hohltrommel dicht ab, während die Vorderseite, die Stirnwand, einen kreisförmigen Ausschnitt hat. Hierdurch wird im innern unteren Teil der Trommel eine Mulde mit der Filterfläche als Grundfläche gebildet.

An der geschlossenen Hinterwand ist von außen im Mittelpunkt (Drehmittel) ein Sammelgehäuse *h* befestigt, das ebensoviele Kammern *i* hat wie die Trommel Zellen. Die Zellen der Trommel sind je mit einer Kammer des Sammelgehäuses durch eine starre Rohrleitung *k* verbunden. Auf einem Zapfen des Sammelgehäuses sitzt ortfest der Steuerkopf *l*, der die Verbindung zwischen dem Filter und den Pumpen herstellt.

Die Trommel erhält ihre Drehung über vier Laufrollen, auf denen sie mit zwei Laufkränzen liegt. Der durch ein Rohr *a* zugeführte Naßstoff sammelt sich in der unteren Mulde. Die natürliche Absetzbewegung unterstützt das Ablagern auf der Filterfläche. Hier bildet sich eine bestimmte Schicht von noch feuchter Masse, während ein Teil der Flüssigkeit bereits nach unten abgesaugt wird. Dadurch, daß die Saugwirkung erst in der letzten Hälfte

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1437.
[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1441.

Abb. 1 bis 3
Innenfilter der Firma Gröppel, Bochum.

a Stoffzulauf
b Schabemesser, verstellbar
c Schüttrumpf für das Trockengut
d Trommel
e Zellen
f Siebblech
g geschlossene Rückwand der Trommel
h Sammelkopf
i Zellen im Sammelkopf
k Saugrohre
l Steuerkopf

Abb. 4 und 5

Saugzellenfilter, Bauart Fuchs, der Maschinenbau-A.-G. vorm. Starke & Hoffmann, Hirschberg i. Schles.

a Masse-Zuteilvorrichtung
b Zufluß der trüben Masse
c Sammelbehälter der trüben Masse
d Rührflügel
e Auftragfläche
f Längsdichtung
g seitliche Abdichtung
h Trommel
i Zellen
k Abnehmer
l Spülrohre
m Spülkasten
m_1 Spülwasserabfluß
n Sammelkasten für den Rückstand
o Saugleitung für Filtrat
p Spülwassersaugleitung
q Steuerkopf
r Dichtungsringe

des natürlichen Troges, also kurz vor dem Auftauchen aus dem Schlammspiegel, eintritt, haben die schwereren abgesenkten Stoffe Zeit, sich zuerst abzusetzen und eine lockere Filterschicht für die nachfolgenden Stoffe zu bilden. Auf ihrer Wanderung nach oben wird die Schicht immer trockener; schließlich wird sie bei *b* mit einem verstellbar eingerichteten Messer abgeschabt und fällt in einen (herausfahrbaren) Schüttrumpf *c*.

Die Zellen, die hinter dem Schabmesser liegen, können durch geeignete Gestaltung des Steuerkopfes vom Unterdruck abgesperrt werden. Man kann auf diese Weise sogar durch das Filtertuch in entgegengesetzter Richtung Luft oder Wasser hindurchblasen, um die Poren des Tuches für die Aufnahme weiteren Schlammes zu reinigen.

Bei neueren Laboratoriums- und Betriebsversuchen mit dem Innenfilter wurde festgestellt, daß in den meisten Fällen das Schabmesser überflüssig ist, wenn man in die Zellen zurückblasen läßt, die gerade über der Rutsche zur Abnahme des Filtergutes liegen.

Bei Spateisenstein, der einer Schwimmaufbereitung unterzogen war, konnte man auf dem Außentrommelfilter überhaupt keine Leistung erzielen, während das Innenfilter eine Leistung von 800 kg/m²h bei 8 bis 9 vH Restfeuchtigkeit ergab. Quarzsand (Siebfeinheit 200 Maschen/Zoll) ergab auf dem Trommelfilter eine Leistung von etwa 200 kg/m²h, auf dem Innenfilter 300 kg/m²h bei gleicher Restfeuchtigkeit. Bei einem Rohstoff, der hier nicht näher bezeichnet werden darf, und der außer grobkörnigen (rd. 1 mm Korngröße) auch kolloidale Feststoffe enthält, betrug die Leistung auf dem Trommelfilter 100 kg/m²h, auf dem Innenfilter 350 kg/m²h bei ungefähr gleicher Restfeuchtigkeit.

Zusammenfassend, kann man sagen, daß das Innenfilter sich besonders gut für spezifisch schwere Stoffe, wie Erzschlämme, sowie für solche Schlämme gut eignet, die genügend grobkörnige Bestandteile enthalten, um eine Schutzschicht von mindestens 5 mm über der Filterfläche zu bilden. Diese Schutzschicht kann auch künstlich durch Zugabe von grobkörnigen Feststoffen in dem Falle hergestellt werden, wo das Filtrat gewonnen wird, während die Feststoffe Abfall sind.

Aussenfilter

Unter dem Namen Saugzellenfilter, Bauart Fuchs, si die Filter der Firma Starke & Hoffmann, Hirschberg, b kannt, Abb. 4 und 5. Die Masse, die bei andern Bauart in einen unteren Behälter einläuft, von wo sie entgeg der Schwerkraft angesaugt werden muß, trägt man hi seitwärts auf die Saugwalze *h* auf. Dazu dient der Sa melbehälter *c*, Abb. 5, dem man aus einem Vorratbehält die Masse zuführt. Die einfließende Menge wird durch d Regler *a* bemessen. Man kann sie den jeweiligen Verhä nissen durch Veränderung des Gestängehubes anpasse Die Frage der Längs- und der Seitenabdichtung ist erfo reich gelöst worden.

Abb. 6 zeigt die Anordnung eines Überlaufes s. D Stoff wird bei *k*, Abb. 5, abgenommen; er fällt in d Schacht *n*. Mittels der Spülrohre *l* kann die freie Filt fläche gewaschen werden, wobei die unteren Zellen *i* r einer besonderen Spülwasser-Saugleitung *p* in Verb dung stehen können. Die Steuerung besorgt der Steu kopf *q*, in dessen Kanäle *o* (Saugleitung für Filtrat) u *p* die Zellen *i* bei *r* münden. Das Filter, Abb. 6, arbei nicht mit Dauerspülung.

Abb. 7 zeigt die Aufstellung der Filteranlage.

Diese Filter sind zu recht leistungsfähigen Einrichtu gen entwickelt worden. Bei einem Betriebsversuch r Kohlenschlamm ergab sich eine Leistung von 834 Trockengut, bezogen auf 1 m² Filterfläche und 1 h. D Filter hatte dabei 3,5 m² Oberfläche und der Versu dauerte 30 min. In diesem Fall betrug der Wassergeh des trockenen Gutes im Mittel 25,6 vH. Das nasse G enthielt 52 vH Wasser.

Im Höchstfalle wird man mit etwa 1000 kg/m²h L stung bei etwa 22 bis 25 vH Wassergehalt rechnen könn Für den Betrieb des 3,5 m² Fläche bietenden Filters werd 3 PS gebraucht. Die Luftpumpe erfordert 25 PS und Flüssigkeitspumpe 6 PS.

Eine S o n d e r b a u a r t für die Z e l l s t o f e n t w ä s s e r u n g und für das Filtern der Papi maschinenabwässer hat letzthin die Firma R. Wolf, A.- Magdeburg-Buckau, geschaffen, die den Anforderung der Papier- und Zellstoffindustrie in erhöhtem Maße

Abb. 6
Saugfilter (zu Abb. 4 und 5).
s Überlauf m_1 Spülwasserabfluß

ècht wird. Diese Abwasserfilter, Abb. 8, zeigen wesent-
che Änderungen gegenüber der Regelbauart.

Es sei insbesondere auf den hohen Trog hingewiesen,
er ermöglicht, daß jetzt etwa 80 vH des Trommelumfan-
es eintauchen. Infolgedessen haben diese Filter eine
cht hohe Leistung. Der Steuerkopf hat eine den Be-
iebsverhältnissen angepaßte Zoneneinteilung erhalten,
ährend die Trommelsiebbespannung durch seitliche
inge gehalten oder an den Rändern aufgelötet wird, so
ıß die bei der Regelausführung benutzte Drahtbewin-
ıng nicht erforderlich ist. Dadurch wird ermöglicht,
ıß auch hauchdünne Faserschichten infolge der Ad-
sionswirkung einer Gummiwalze restlos abgenommen
erden können. Eine gründliche Reinigung des Siebes
wohl von außen als auch innen sichert einen einwand-
eien Dauerbetrieb bei hoher Leistung.

In Fällen, wo es sich um stark kaolinhaltiges Wasser
it feinstem Faserstoff handelt, kann ohne besondere
orrichtungen eine dünne Kunstschicht aus minderwerti-

Abb. 8
Abwasserfilter von R. Wolf, Magdeburg-Buckau.

a Schlammbehälter
b Regler
c Saugzellenfilter
d Spülwasserleitung
e Filtrat-Saugleitung
f Filtratkessel
g Abflußleitung
h Wasserabscheider
i Luftpumpe

Abb. 7
Aufstellung der Filteranlage, Bauart Fuchs.

Abb. 9
Aufstellung einer Abwasser-Zellenfilteranlage mit Fallrohrsaugern.
a Abwasser-Zellenfilter *b* Stoffbütte *c* Mahlholländer
d Fallrohrsauger *e* Druckleitung der Siebwasserpumpe

ger Zellulose auf die Filtertrommel aufgebracht werden,
die als Filterfläche wirkt. Die in dem Abwasser ent-
haltenen Fasern und feinsten Stoffe setzen sich auf der
umlaufenden Trommel ab und werden, sobald sie aus dem
Trog austreten, zusammen mit der Kunstschicht abge-
nommen. Über die Leistungsfähigkeit der Abwasserfilter
gibt Zahlentafel 1 Auskunft. Diese Filter werden mit
Oberflächen von 0,5 bis 10 m² gebaut. Die Trommel-
durchmesser betragen dabei 1200 bis 1750 mm und die
Trommellängen 190 bis 2025 mm.

Die sonst zur Erzeugung der Luftleere notwendige
Luftpumpe ist bei diesen Abwasserfiltern nicht erforder-
lich, da bei einer Aufstellung des Filters in 7 bis 10 m

Abb. 10
Urfilter von G. Polysius von 20 m² Filterfläche.

Zahlentafel 1
Leistungen der Zellenfilter als Stoffänger oder Abwasserreiniger

Abwasser von	Fasergehalt	Durchgesogene Abwassermenge, bezogen auf die Filterfläche	Rückgewinnung von Fasern	Trockengehalt des zurückgewonnenen Stoffes
	mg/l	m³/m²h	vH	vH
Zellulosefabriken . .	60 bis 150	80 bis 100	80 bis 98	12 bis 15
Holzschleifereien . . .	150 „ 550	20 „ 30	70 „ 95	10 „ 15
Papiermaschinen .	250 „ 1250	15 „ 25	75 „ 97	10 „ 18

Abb. 11
Urfilter, Bauart G. Polysius (1,5 m² Filterfläche) in Gas-(Warmluft-)haube zur Ausführung von Filtrationen eingekapselt:
a) in sauerstofffreier Atmosphäre zur Herbeiführung oder Verhütung chemischer Veränderung Oxydation, Explosion,
b) in heißer Atmosphäre zur Ausnutzung vorhandener Wärme für stärkere Trocknung,
c) von Schlämmarten, die übelriechende oder giftige Gase ausströmen.

Höhe ein genügender Unterdruck unter Ausnutzung abgesogenen großen Wassermengen mittels eines b[...] metrischen Fallrohrs erzielt werden kann. Diese An[...] besteht also lediglich aus dem Filter mit Fallrohrsau[...] Abb. 9.

Neben den hier beschriebenen Filtern befinden sich bereits 1925 in dieser Zeitschrift erwähnten Trommelf[...] nach wie vor in den verschiedensten Betrieben. Hier [...] es vor allem noch die Firmen G. Polysius, Dessau ([...] filter), Abb. 10 und 11, und das Füllner-Werk (Li[...] Hofmann), Warmbrunn, die neben Gröppel und Stark Hoffmann auf diesem Gebiete das meiste getan haben. [B 1496]

Der Kaffee und seine technische Zubereitung

Von Ing. M. Unterweger, Santa Ana, Salvador, Mittelamerika

Der Kaffee wächst an Stauden und kleinen Bäumen in Form von Beeren, die unsern deutschen Kirschen ähnlich sind. Von geringen Ausnahmen abgesehen, hat jede Beere zwei Bohnen, die in einer fleischigen Schale, der sogenannten Pulpa, eingebettet sind; jede einzelne Bohne ist außerdem mit einer dünnen Haut, dem Pergamino, umgeben. In der Erntezeit werden die gepflückten Kaffeebohnen der Kaffeeaufbereitanstalt (Kaffeebeneficio) zugeführt oder an Ort und Stelle getrocknet. Zum Aufbereiten bis zur versandfertigen Ware wendet man zwei verschiedene Verfahren an: die nasse oder die trockene Behandlung.

Die nasse Behandlung

Hierbei wird der Kaffee unmittelbar nach der Ernte in frischem Zustande von der Finka (Kaffeeplantage) nach der Aufbereitanstalt befördert, je nach der Entfernung in Säcke verpackt auf Wagen oder offen in Feldbahnwagen. In der Aufbereitanstalt wird er zunächst gewogen und dann vom groben Schmutz gereinigt. Hierauf entfernt man maschinell die äußere Schale (Pulpa), wäscht die anfallenden Bohnen gründlich, läßt sie etwa 48 h gären, trocknet sie dann in einem großen Hof in der Sonne vor und mit Maschinen nach. Von den gut getrockneten Bohnen entfernt man nun die zweite Haut (Pergamino), poliert, reinigt und sortiert sie mit Maschinen, bis sie zuletzt vor dem Versand auf einem Laufband mit der Hand von allen etwaigen Unreinigkeiten noch befreit werden.

Bei der

trockenen Behandlung

werden die geernteten Beeren in der Sonne ausgetrock[...] was unter Umständen für den einzelnen Vorgang Wo[...] in Anspruch nimmt. Während dieser Zeit muß man [...] Kaffee täglich umschütten, damit die Trocknung gle[...] mäßig fortschreitet. Die getrockneten Beeren werden [...] in Maschinen, die beide Schalen gleichzeitig entfernen, [...] schält. Das darauf folgende Reinigen, Polieren und [...] tieren entspricht dem Verfahren bei der nassen [...] handlung.

Die Behandlungsweise ergibt wesentliche Untersch[...] beim fertigen Kaffee. Die gewaschenen Bohnen haben [...] sehr sauberes Aussehen, sind von jedem Schmutz gerein[...] dafür hat aber dieser Kaffee durch die Vergärung [...] seinem Gehalt verloren und ist nicht mehr so stark. [...] trocken behandelte Kaffee zeigt weniger schönes Ausse[...] da er sich nicht so durchgreifend wie beim Waschen r[...] gen läßt, dagegen hat er die volle Stärke beibehalten. [...] Haupteinfuhr von gewaschenem Kaffee geht nach Deut[...] land und einigen andern europäischen Ländern, wäh[...] die nordischen Staaten und Amerika fast nur ungewas[...] nen Kaffee verbrauchen.

Die Aufbereitung

Reihenfolge des Fabrikationsverlaufes und Zweck [...] technischen Einrichtungen einer Kaffeeaufbereitan[...] lassen sich am besten an der Hand des Planes, Abb. 1, [...] folgen. Der von den Pflanzungen kommende Kaffee wir[...] einen Betonbehälter *a* geschüttet, der die Tagesleistung [...]

Abb. 1
Lageplan einer Kaffeeaufbereitanstalt.

a Ausgleichspeicher
b Förderschnecke
c Becherwerk
d Waschmaschine
e Naßschälmaschinen
f Separatoren
g Pumpen
h Gärbehälter
i Becherwerke
k Trommeltrockner
l Lufterhitzer
m Schüttelsieb
n Becherwerk
o Schälmaschinen
p Poliermaschinen
q Becherwerk
r Reiniger
s Sortiermaschinen
t Becherwerk
u Windfegen
v Sortiermaschine für Perlbohnen
w Wasserbehälter
x Brunnen
y Dampfmaschine, 100 PS
z „ , 53 „

Trockene Aufbereitung:

a_1 Trockenschälmaschine
b_1 Trockenreiniger
c_1 Becherwerk
d_1 Reiniger
e_1 Windfegen
f_1 Waage
g_1 Verteilkanäle

Anstalt fassen kann und zugleich als Ausgleichspeicher bei stockender oder übermäßiger Anfuhr dient. Eine Förderschnecke *b* bringt die Beeren zum Becherwerk *c*, das sie einer hochliegenden Waschmaschine *d* zuführt. Hier werden sie in einem umlaufenden Zylinder von Unreinigkeiten gesäubert und dann im nassen Verfahren durch Röhren, Kanäle oder Holzrinnen den Naßschälmaschinen (Pulperos) *e* zugeleitet; diese zerquetschen die fleischige Schale der Beeren und drücken die Bohnen heraus. Das aus den Naßschälmaschinen kommende Gemisch (Bohnen, Schalen und Wasser) wird in Separatoren *f* getrennt. Die Bohnen, noch in dem Pergamino, werden mittels der Pumpen *g* unter reichlichem Wasserzufluß gereinigt und in die Gärbehälter *h* gedrückt. Die Schalen mit dem Abwasser pumpt man ins Freie, wo das Abwasser durch einen Kanal fortgeleitet wird. Die getrockneten Schalen werden als Düngemittel oder als Brennstoff für Dampfkessel verwendet.

Nach beendigter Gärung wird der Kaffee in der Sonne getrocknet. Dazu ist ein großer Hof in einzelne Felder eingeteilt; die Mauern zwischen den Feldern sind in der Regel als Kanäle ausgebildet, so daß der ganze Hof oder ein großer Teil davon von einem Kanalnetz durchzogen ist. Damit kann bei entsprechender Schieberstellung in den Kanalabzweigungen jedem Felde der von der Gärung kommende Kaffee zugeleitet werden. Als Fördermittel dient wieder Wasser. Um das notwendige Gefälle zu erhalten, sind, falls es die örtlichen Verhältnisse erlauben, die Felder treppenförmig abgestuft, Abb. 2 und 3. Ist dies nicht möglich, so wird der vergorene Kaffee durch Becherwerke *i* in ein hochgelegtes Kanalnetz befördert und von dem Wasser durch das künstliche Gefäll in die Verteilungskanäle und in die Felder gespült. Je nach der Sonnentemperatur läßt man den Kaffee unter täglich mehrmaligem Umschaufeln und Weiterschaufeln in andre Felder vier bis sechs Tage trocknen.

Abb. 2
In den treppenförmig angelegten Feldern wird der Kaffee unter täglich mehrmaligem Umschaufeln in der Sonne getrocknet.

Abb. 3
Die Mauern zwischen den einzelnen Feldern sind als Kanäle ausgebildet, in denen der Kaffee mit Wasser den einzelnen Feldern zugespült wird.

Zum endgültigen Trocknen dienen Trommeltrockner (Sekadoren) *k*. Beim Umlaufen der Trommeln (2 U/min) ist der Kaffee fortwährend in Bewegung und wird von Heißluft mit etwa 62 ° umspült. Die Dauer dieser Trocknung richtet sich nach dem Feuchtigkeitsgehalt und beträgt 12 bis 26 h. Ein Schüttelsieb *m* reinigt dann den getrockneten Kaffee von Steinen u. a., die sich vielleicht beim Trocknen auf dem Hofe mit dem Kaffee vermischt haben, worauf das Becherwerk *n* die Ware in die Schälmaschinen *o* fördert.

Mit den Schälmaschinen sind ein oder mehrere Poliermaschinen (Polidoren) *p* gestaffelt, so daß die Bohnen von einer Maschine unmittelbar in die andre fallen. Das Becherwerk *q* bringt den Kaffee, der inzwischen wieder im Erdgeschoß angelangt ist, in die im zweiten und dritten Stock arbeitenden Reiniger (Trieure) *r*, wo er von Unkraut und sonstigen kleinen Samenkörnern gereinigt wird.

Von hier werden die Kaffeebohnen in die Sortiermaschinen (Klassifikatoren) *s* befördert, die die Bohnen nach ihrer Größe trennen. Hierbei fällt die Karakol- oder, wie sie in Deutschland genannt wird, die Perlbohne an. Nicht alle Beeren enthalten zwei Kaffeebohnen, etwa 5 vH der Beeren enthalten nur e i n e Bohne, deren Form von den Normalbohnen insofern abweicht, als sie keine Fläche hat, sondern rund ist. Manche Verbraucher schreiben dieser Kaffeesorte einen höheren Gehalt zu.

Mittels Becherwerke *t* wird der getrennte Kaffee den Windfegen *u* zugeführt, die ihn vollends von allem Staub befreien und in Säcken sammeln, in denen er die Aufbereitanstalt verläßt, um vor dem Versand in einer besonderen Sortierhalle nochmals von Menschenhand auf die Güte und das Aussehen der einzelnen Bohne untersucht zu werden.

Der von den Sortiermaschinen *v* ausgeschiedene Perlkaffee ist durchsetzt von Normalbohnen gleicher Größe und muß von diesen noch in einem besonderen Sortierer getrennt werden. Zu diesem Zweck ist ein 1,5 bis 2 m breites Tuch über zwei Trommeln gespannt. Das Tuch hat eine bestimmte Neigung, und die Trommeln drehen sich so, daß das Tuch von unten nach oben läuft. Werden nun unten auf das Tuch die gemischten Bohnen geschüttet, dann bleiben die Normalbohnen mit ihrer Fläche auf dem Tuch liegen, das sie über die obere Trommel mitnimmt und in einem Sack sammelt. Die runden Perlbohnen dagegen rollen auf der schiefen Ebene über die untere Trommel in einen dort bereitstehenden Sack, um dann wie die andern Bohnen weiterbehandelt zu werden.

Der aus den Reinigungsmaschinen anfallende Schmutz, einschließlich der Pergaminohäute aus den Schälmaschinen, wird durch ein Gebläse abgesaugt und im Kesselhaus verbrannt.

Für den beschriebenen Arbeitsvorgang ist eine große Menge Wasser notwendig; die Kaffeeaufbereitung liefert an einem 20- bis 22stündigen Arbeitstag etwa 25 000 kg versandfertigen Rohkaffee und braucht dazu zum Waschen, Gären, Fördern und Kesselspeisen 1200 bis 1400 m³ Wasser. Da in den meist wasserarmen Kaffeegegenden die Wasserbeschaffung schwierig ist, werden zum Aufspeichern von Regenwasser große Behälter *w* aufgestellt. Das sehr schmutzige Abwasser benutzt man in der Regel nicht weiter, sondern läßt es ungeklärt in die Flüsse ab, die dadurch verpestet werden.

Bei der t r o c k e n e n Behandlung beginnt die Maschinenarbeit erst mit den gut eingetrockneten Beeren. Diese werden in Schälmaschinen a_1 ihrer beiden Schalen entledigt, in einer folgenden Maschine b_1 gereinigt, mittels Becherwerke c_1 einem Schüttelsieb zugebracht, das den Kaffee grob reinigt; darauf fließt er in die Trieure d_1 und wird dann in den Windfegen e_1 von Staub gesäubert. In Säcken gefaßt, kommt der Kaffee dann in die Poliermaschinen *p* und macht denselben Verarbeitungsweg wie der gewaschene Kaffee durch.

Maschineneinrichtung

In der der Beschreibung zugrundegelegten Kaffeeaufbereitanstalt sind folgende Arbeitsmaschinen eingebaut, deren ungefährer Kraftbedarf aus Zahlentafel 1 ersichtlich ist.

Zahlentafel 1

K r a f t b e d a r f d e r A r b e i t s m a s c h i n e n

	Kraftbedarf im einzelnen PS	Kraftbedarf zusammen PS
1 Schneckenförderer		3
4 Becherwerke für Naßgut	1,5	6
7 Naßschälmaschinen (Pulperos)	1	7
3 Separatoren	1	3
5 Pumpen	4,5	22,5
4 Trommeltrockner (Sekatoren) mit je einem Ventilator	7	28
2 Schüttelsiebe	0,5	1
10 Becherwerke für Trockengut	0,5	5
2 Mühlen (Deskaskaratoren)	10	20
4 Poliermaschinen (Polidoren)	7	28
6 Trieure	0,5	3
1 Dreizylindertrieur		1
7 Windfegen	1,5	10,5
1 Sortiermaschine für Perlbohnen		0,3
1 Wasserpumpe		12
1 Sauggebläse		14,5
2 Schälmaschinen	5	10
1 Maismühle		4
1 Sauggebläse für Mais		8
1 Maisreinigungsmaschine		1,5
	insgesamt	188,3

Die letzten drei Maschinen dienen zur Herstellung von Maismehl, das die Anstalten zur Speisung ihrer Arbeiter (mehrerer hundert während der Ernte) brauchen.

Die gesamten Arbeitsmaschinen der hier herangezogenen Anlage wurden bisher durch ein unübersichtliches, kraftverzehrendes Transmissionsnetz angetrieben, das von zwei Dampfmaschinen (rd. 100 und 50 PS) angetrieben wird. Um den Betrieb wirtschaftlicher zu gestalten, soll die Anstalt zwischen der diesjährigen und der nächsten Ernte auf elektrischen Einzelantrieb umgestellt werden.

Die Rekordernte dieses Jahres gibt den im allgemeinen fortschrittlich denkenden Leitern der Kaffeeaufbereitanstalten die Mittel in die Hand, ihre mitunter veralteten Anlagen zu erneuern oder die vorhandenen weiter auszubauen. Leider sieht man hier ausschließlich Maschinen englischer und amerikanischer Herkunft. Bestimmt könnte sich die deutsche Industrie durch Lieferung der an sich einfachen Maschinen ein gewinnbringendes Absatzgebiet schaffen.

[M 1230]

Crozier-Schwelanlage

Die Crozier-Retorte ist aus einzelnen Elementen so zusammengesetzt, daß man den Durchsatz eines einzelnen Elementes in gewissen Grenzen erhöhen kann und daß eine selbsttätige fraktionierte Öldestillation während der Kondensation stattfindet[1]). Die Retorte ist aus Gußeisen hergestellt, hat parallellaufende 4,57 m hohe Wände, die 0,38 m voneinander entfernt und an den Enden halbkreisförmig abgeschlossen sind; die Retorte ist 1,5 m breit. Das Gas wird in vier verschiedenen Höhen durch je drei Gasabzüge abgenommen, die von der Mitte der Retorte aus durch die Ofenwände gehen, in ein Sammelrohr führen, und im Heizraum gegen Hitze geschützt sind. In der gleichen Höhe wie die Gasabzüge, einer jedoch tiefer liegend, befinden sich fünf Querheizzüge mit 152 × 188 mm² lichtem Querschnitt. Das Mauerwerk hat man um die Retorte so gemauert, daß ein gleichmäßiger, in elf durch Querzüge verbundene Abteilungen eingeteilter Raum für die Heizgase frei bleibt.

Den Koks zieht man unten mittels einer Schnecke in den Koksraum ab, wo der Koks unter Wasserabschluß ohne Luftzutritt abkühlt, dann wird er entnommen. Die Schweltemperatur betrug bei einem Versuch am unteren Ende der Retorte zwischen 720 ° und 840 °C und 1,2 m vom oberen Ende der Retorte entfernt zwischen 200 ° und 300 °C. Die Temperaturen in den Gasabzügen schwankten zwischen 200 ° und 300 °C im wärmsten Teil und betrugen etwa 100 °C im kühlsten Teil. Die Vergasungserzeugnisse werden also den Kondensatoren mit sehr verschiedenen Temperaturen zugeführt. Das Kondensat wird durch Überlaufrohre immer auf gleicher Höhe gehalten; die schwerere Flüssigkeit läuft zu den tieferen und heißeren Behältern, während die flüchtigen Bestandteile nach den höheren kälteren Behältern aufsteigen. Die ganze Ölmenge wird also viermal umdestilliert, die schwereren Teile bei höherer und die leichteren Teile bei niedrigerer Temperatur.

Das Gas strömt aus dem Kondensator in einen Reiniger mit Lessing-Ringen, einen wassergekühlten Kondensator, einen dampfbetriebenen Absauger in einen Gasbehälter. Zur Wassergaserzeugung und zum Kühlen des Kokses liegt im Koksraum ein Dampfzuleitungsrohr. [N 1572] Ste.

[1]) „Engineering" Bd. 126 (1928) S. 82; vergl. A. T h a u, Die Schwelung von Braun- und Steinkohle, Halle 1928, S. 295.

RUNDSCHAU

Elektrotechnik

33. Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker

Der Verband deutscher Elektrotechniker hielt seine 33. Jahresversammlung vom 17. bis 19. Juni in Berlin ab. Am Sonntag, dem 17. Juni, traten Vorstand und Ausschuß zusammen; am Montag, dem 18. Juni, fand die erste, am Dienstag, dem 19. Juni, die zweite Verbandsversammlung statt, deren Hauptvorträge dieses Mal den elektrischen Bahnbetrieb behandelten.

Der Vorsitzende des Verbandes, Gen.-Dir. Krone, Dortmund, eröffnete die erste Verbandsversammlung und teilte mit, daß der Verband die Herren Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Kohlrausch, Hannover, und Präsident Geh. Oberpostrat Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. K. Strecker, Heidelberg, in Anerkennung ihrer Verdienste um die deutsche Elektrotechnik und den Verband deutscher Elektrotechniker zu Ehrenmitgliedern ernannt hätte; dann gab er einen Rückblick auf die Entwicklung der Elektrotechnik in der seit der 32. Jahresversammlung 1927 in Kiel abgelaufenen Zeit. Die elektrotechnische Industrie war während dieser Zeit recht gut beschäftigt, die Schwachstromindustrie konnte dem wirtschaftlichen Vorsprung der Starkstromindustrie gut folgen, allgemein aber hatte die Industrie darüber zu klagen, daß der wirtschaftliche Nutzen nicht dem Umfange der Arbeiten und des Umsatzes entsprach.

Den umfangreichen Rückblick auf die technischen Fortschritte der Elektrotechnik im vergangenen Jahr hier eingehend wiederzugeben, ist nicht möglich; es sei deshalb nur auf die Veröffentlichung des Rückblicks in der „Elektrotechnischen Zeitschrift“[1]) und auf die „Jahresschau der Technik 1927/28“[2]) hingewiesen.

Reichsbahndirektor Wechmann, Berlin, sprach dann über

die Umstellung der Deutschen Reichsbahn auf elektrischen Betrieb unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Stadt- und Vorortbahnen[3]).

Er führte zunächst im Lichtbild die Reichsbahnstrecken vor, die jetzt elektrisch betrieben werden; ihre Länge von rd. 1500 km beträgt rd. 3 vH des rd. 53 600 km langen Reichsbahnnetzes. Sie sind entweder infolge günstiger Lage in der Nähe von Kraftwerken oder infolge ihrer besonderen Eignung für elektrischen Betrieb, z. B. als Gebirgstrecken, ausgewählt worden. Für den weiteren Ausbau sind rd. 2500 km vornehmlich geeignete, „elektrisierungsreife“ Strecken in Aussicht genommen; ein allgemeiner Ausbauplan liegt aber nicht vor, da die Umstellung des ganzen Reichsbahnnetzes auf elektrischen Betrieb rd. 70 Jahre dauern würde, wenn man das gegenwärtige Zeitmaß der Umstellung beibehielte. Für einen so langen Zeitraum will man die Pläne natürlich nicht festlegen.

Der Vortragende erwähnte dann die von der Reichsbahn geplanten Versuche, den einphasigen Wechselstrom für die Speisung der Unterwerke nicht auf besondern Speiseleitungen zuzuführen, die rd. 17 000 bis 25 000 RM/km kosten, sondern mittels der allgemeinen Drehstromleitungen. Die von Dr.-Ing. Jacob im vorigen Jahre angegebene Schaltung[4]), Drehstrom und Einphasenstrom gleichzeitig auf zwei dreiphasigen Drehstromleitungen zu übertragen, ist inzwischen soweit verbessert worden, daß eine dreiphasige Drehstromleitung genügt, wenn ein vierter isolierter Leiter, z. B. ein entsprechendes Erdseil vorhanden ist[5]).

Dann ging der Vortragende noch auf die elektrischen Stadt-, Ring- und Vorortbahnen Berlins ein[6]). Im Gegensatz zu den Fernbahnen, die mit Einphasen-Wechselstrom von 15 kV, 16⅔ Hertz, gespeist werden, arbeiten diese Berliner Nahverkehrsbahnen mit Gleichstrom von 800 V, der in Quecksilberdampf-Gleichrichtern aus Drehstrom erzeugt wird.

Aus den erst in den letzten Tagen vor der Jahresversammlung durchgeführten Versuchen mit den neuen Stadtbahnzügen konnte der Vortragende folgende Anfahrbeschleunigungen mitteilen:

Zahlentafel 1

Geschwindigkeit	0 bis 15	0 bis 25	0 bis 40	km/h
Anfahrbeschleunigung .	0,76	0,63	0,52	m/s^2

[1]) Erscheint demnächst. [2]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 23 S. 775.
[3]) Vergl. ETZ Bd. 49 (1928) Nr. 24 S. 887. [4]) Vergl. ETZ Bd. 48 (1927) S. 1249.
[5]) Vergl. Elektr. Bahnen, Zentralbl. f. d. elektr. Zugbetr., Bd. 4 (1928) Nr. 6 S. 172 u. f. [6]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 25 S. 893.

Im Anschluß an diesen Vortrag berichtete der Generalsekretär des Verbandes deutscher Elektrotechniker, Schirp, über die Tätigkeit des Verbandes seit der Jahresversammlung 1927[7]) und gab die zur Beschlußfassung vorliegenden Satzungsänderungen, Verträge usw. bekannt. Außerdem fanden Ersatzwahlen zum Vorstand und Ausschuß statt. Die Jahresversammlung 1929 soll in Aachen stattfinden[7a]).

Die zweite Verbandsversammlung brachte zunächst einen Vortrag von Prof. Dr.-Ing. W. Reichel, Berlin, über

die Gleichstromversorgung der deutschen Reichsbahn, insbesondere durch Gleichrichteranlagen[8]).

Er besprach die umlaufenden Umformer und wies darauf hin, daß es noch nicht völlig entschieden wäre, ob Umformer oder Gleichrichter für den Bau und Betrieb in den Kosten vorteilhafter wären, da bei den Gleichrichtern die Unterhaltungskosten noch nicht bekannt wären. Die Anlagekosten für die Umformerwerke der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen wären ungefähr gleich hoch gewesen, wenn man statt der Gleichrichter umlaufende Umformer eingebaut hätte.

Die Grenzleistung der Quecksilberdampf-Gleichrichter ist zunächst dadurch bestimmt, daß in den meisten Fällen die Größe der Gefäße das Eisenbahnprofil nicht überschreiten darf. Heute kann ein das ganze Profil ausfüllender Gleichrichter rd. 20 000 A liefern; der Vortragende rechnete aber damit, daß man in absehbarer Zeit bei gleicher Gefäßgröße 25 000 bis 30 000 A bei 1000 bis 2000 V erreichen könnte.

Schwierigkeiten waren bei den Gleichrichtern zunächst durch Rückzündungen entstanden. Als Mittel zu ihrer Beseitigung hatte man schon frühzeitig erkannt: Niedriger Druck, Fehlen von Restgasen im Quecksilberdampf, Verhütung des Bespritzens der Anoden mit Quecksilber und der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht, Kühlung der Anoden zur Herabsetzung des Dampfdruckes. Wichtig ist, daß nicht nur der mittlere Quecksilberdampfdruck niedrig ist, sondern auch der örtliche Druck; das erreicht man durch entsprechende Dampfführung, wobei man Dampfgeschwindigkeiten bis 200 m/s erreichen kann.

Der Vortragende ging dann noch auf die Beeinflussung von Schwachstromanlagen durch die Gleichrichter ein; man beseitigt sie, indem man die Spannung „glättet“. Hierzu dienen elektrische Schwingungskreise, die auf die vorkommenden schädlichen Oberwellen abgestimmt und zwischen Fahr- und Rückleitung geschaltet werden; in einer Drosselspule wird der Spannungsanteil der höheren Harmonischen aufgezehrt. Die Kosten derartiger Anlagen betragen rd. 15 bis 25 vH der Anlagekosten für die zugehörige Gleichrichteranlage.

Zum Schluß erwähnte der Vortragende noch die Glühkathoden- und die Trockengleichrichter, die z. B. für Rundfunkzwecke erfolgreich verwendet werden; inwieweit es gelingen wird, sie auch größer auszuführen, läßt sich heute noch nicht sagen.

In der Aussprache führte Dr.-Ing. E. h. Schenkel einen Zeitlupenfilm vor über die lehrreichen Versuche, die die Siemens-Schuckertwerke angestellt haben, um die Ursachen der Rückzündungen von Gleichrichtern und die Mittel zu ihrer Beseitigung festzustellen, z. B. Kühlung der Anoden oder Einbau von Metallflächen zur Entladung der Gaswolken.

Prof. Dr.-Ing. E. h. Petersen, Berlin, ging in seinem Vortrag über die

Wechselstromversorgung der Reichsbahn unter Berücksichtigung der Netzkupplung

zunächst auf die Frage ein, ob die Reichsbahn ihren Strombedarf wirtschaftlicher aus eigenen Kraftwerken oder aus dem allgemeinen Drehstromnetz beziehen könnte. Als die Bahn vor Jahren den elektrischen Betrieb einzurichten begann, waren die Überland-Elektrizitätswerke viel kleiner, das Leitungsnetz noch nicht so ausgebaut und die Übertragung nicht so sicher wie heute. Damals erschien Strombezug aus bahneigenen Kraftwerken als das Gegebene; heute dagegen, wo wir über große Kraftwerke mit beträchtlichen Aushilfen verfügen, wo ein engvermaschtes Hochspannungsnetz und gut durchgebildete Sicherheitsmaßnahmen die Stromübertragung sehr zuverlässig gemacht haben, erscheint die Eingliederung der Reichsbahn in die allgemeine Stromversorgung wirtschaftlich ratsam. Der Strombedarf für

[7]) Vergl. ETZ Bd. 49 (1928) Nr. 20 und 21 S. 770 u. 806.
[7a]) Vergl. ETZ Bd. 49 (1928) Nr. 27 S. 1021.
[8]) Vergl. ETZ Bd. 49 (1928) Nr. 24 S. 903.

das ganze Reichsbahnnetz wird, soweit man ihn heute schon schätzen kann, 10 bis 12 Milliarden kWh jährlich betragen, d. s. rd. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Jahresstromerzeugung, auf die man dann in Deutschland glaubt, rechnen zu können.

Eng verknüpft mit der Frage des Anschlusses der Reichsbahn an das allgemeine Drehstromnetz ist die Frage der Netzkupplung, und zwar sowohl die Kupplung der Netze verschiedener Frequenz (50 und $16\frac{2}{3}$ Hertz) und verschiedener Stromart (Drehstrom und Einphasenstrom), als auch die Kupplung der Netze gleicher Stromart und Frequenz.

Bei der Kupplung zweier Netze über zwei starr verbundene Synchronmaschinen verteilt sich die Belastung — vorausgesetzt, daß man die Maschinenregler nicht verändert — im Verhältnis der

$$\text{Leistungszahlen} = \frac{\text{Leistung des Werkes kW}}{\text{Dauernde Drehzahländerung vH}}.$$

Kuppelt man z. B. ein Werk von 10 000 kW Leistung, 1,25 vH dauerndem Drehzahlabfall, Leistungszahl 8000, über zwei Synchronmaschinen mit einem andern Werk von 10 000 kW Leistung, 10 vH dauerndem Drehzahlabfall, Leistungszahl 1000, so übernimmt das erste Werk $^8/_9$, das zweite $^1/_9$ der gesamten Belastung; das Werk mit der höheren Leistungszahl kann also sehr leicht in die Gefahr kommen, überlastet zu werden. Damit das vermieden wird, muß man diese „starre“ Kupplung „elastisch“ machen oder sie überhaupt für einen unveränderlichen oder je nach Bedarf vorgeschriebenen Leistungsaustausch zwischen den beiden Netzen einrichten.

Der Vortragende ging dann auf einige Schaltungen ein, mit denen diese Aufgaben gelöst wurden; er wies auch darauf hin, in welchen Richtungen die Elektrotechniker heute arbeiten, diese Aufgabe einfacher und billiger zu lösen, z. B. durch Kaskadenschaltungen und mittels Transformatoren.

An den Nachmittagen des ersten und des zweiten Versammlungstages fanden in der Technischen Hochschule, Berlin-Charlottenburg, Fachsitzungen über „Elektrische Kraftwerke und Kraftübertragung“, „Elektrische Industrieanlagen“, „Fernmeldetechnik und Elektrophysik“ sowie „Maschinen und Transformatoren“ statt; außerdem war Gelegenheit gegeben, das Großkraftwerk Klingenberg zu besichtigen. [N 1750] Parey

Chemie

41. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker

Die Tagung des Vereins Deutscher Chemiker zu Dresden vom 30. Mai bis 3. Juni, über die in den VDI-Nachrichten schon kurz berichtet ist, ließ die gemeinsamen Arbeitsgebiete von Ingenieur und Chemiker deutlich erkennen.

Die Beziehungen der Chemie zu Technik und Industrie traten bereits bei dem Begrüßungsabend hervor, sowohl in den Ansprachen des Vertreters der Reichs- und Landesregierung, Dr. Krug von Nidda und Falkenstein, und des Vertreters der Stadt Dresden, Stadtrat Köppen, als auch in den Ausführungen des Vorsitzenden des Vereins Deutscher Chemiker, Prof. Dr. Stock, Karlsruhe, der an die Jahrhundertfeier der Technischen Hochschule Dresden anknüpfte und Fragen des Unterrichts der Technischen Hochschulen beleuchtete.

Allgemeine Versammlungen und Sitzungen

In der ersten Mitgliederversammlung betonte Prof. Stock die Zusammenarbeit des Vereins Deutscher Chemiker mit dem Verein Deutscher Ingenieure und die fortschreitende Bedeutung und Beachtung, die das Maschinelle und das Apparative auf seiten der Chemie gewinnen. Die „Achema“-Ausstellungen, die dem Verein angegliederte „Dechema“ (Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen) mit ihrer neubegründeten Zeitschrift „Die Chemische Fabrik“ haben eine feste Brücke zwischen Chemiker und Ingenieur geschlagen; das Verdienst der tatkräftigen Förderung dieser Bindeglieder zwischen Chemie einerseits, Apparate- und Maschinenbau anderseits steht Direktor Dr. Buchner, Hannover, zu.

Nachdem Geh. Rat Prof. Dr. A. Bernthsen, Heidelberg, in Anerkennung seiner Verdienste namentlich um die Chemie der organischen Farbstoffe und um die Entwicklung des gewerblichen Rechtschutzes zum Ehrenmitglied ernannt war, erfolge die Verleihung der Emil-Fischer-Denkmünze an die Schöpfer des neuen, wichtigen Malariamittels Plasmochin, nämlich die Herren Dr. W. Schulemann, Dr. F. Schönhöfer, Dr. A. Wingler in Elberfeld, und die Verleihung der Liebig-Denkmünze an Generaldirektor Dr. Friedrich Bergius, den Bahnbrecher auf dem Gebiete der Kohlenverflüssigung.

Später hielt Dr. Bergius einen Vortrag über

Holz und Kohle, chemische und wirtschaftliche Betrachtungen.

Erst ungefähr seit Mitte des 18. Jahrhunderts b[e]herrscht die Kohle den Energiemarkt. Der geologische I[n]kohlungsprozeß des Holzes wurde durch Laboratoriumsve[r]suche nachgeahmt und aufgeklärt. Zellulose und Ligni[n] führen unter Anwendung hoher Temperaturen zu derselbe[n] „Endkohle“ mit 84 vH Kohlenstoff. Durch Anwendun[g] höchster Drücke, bis 6000 kg/cm², gelang es, auch die natü[r]liche Anthrazitbildung nachzuahmen und unter Austri[tt] von Wasserstoff, Methan, Kohlenoxyd und Kohlensäure b[is] zu 87 vH Kohlenstoff zu gelangen. Diese experimente[ll] ermittelten Bedingungen entsprechen der Tatsache, daß g[e]rade solche Flöze schlagende Wetter führen, die, unt[er] hohem Gebirgsdruck stehend, den Gehalt von 84 vH Kohle[n]stoff der oben genannten „Endkohle“ übersteigen. Die I[n]kohlungsversuche ließen eine gewisse Labilität des Wasse[r]stoffs bei etwa 350 °C vermuten und führten so zu ein[er] bewußten Umkehrung des Inkohlungsprozesses, nämlich z[ur] Wasserstoffanlagerung unter hohem Wasserstoffdruck, w[o]mit die Ölbildung, d. h. die Kohlenverflüssigung im Prinz[ip] erreicht war. Gleichzeitig traten aber schwierige technisch[e] und wirtschaftliche Fragen auf, die zur erfolgreichen Durch[]führung des Gesamtproblems gelöst werden mußten. D[r.] Bergius gedachte besonders der tatkräftigen und au[f]munternden Unterstützung des verstorbenen Dr. Ludwi[g] Landsberg bei diesen Arbeiten und wandte sich dan[n] der weiteren bedeutenden Aufgabe zu, der Überführun[g] der Zellulose in verdauliche Kohlenwasserstoffe, die sich a[uf] die Entdeckung Willstätters gründet, wonach Zellulos[e] durch hochkonzentrierte Salzsäure hydrolysiert und i[n] Kohlenwasserstoff umgewandelt wird. Das sich anschli[e]ßende chemisch-technische Problem, die vollständige Wiede[r]gewinnung der Salzsäure ohne Zerstörung des gebildete[n] Kohlenwasserstoffes ist bereits gelöst; weitere verwickelt[e] technische, wirtschaftliche und kaufmännische Fragen sin[d] in Bearbeitung und harren der Lösung. Die Bedeutun[g] der erfolgreichen Beschaffung von Kohlenwasserstoff-Futter[] mitteln für die inländische Fleischversorgung ist nicht z[u] unterschätzen.

Direktor Dr. A. Mittasch, Ludwigshafen, sprac[h] über

Eisenkarbonyl und Karbonyleisen.

Das Eisenkarbonyl, $Fe(CO)_5$, eine Flüssigkeit vo[m] spez. Gew. 1,49, die bei 764 mm und 102,7 ° siedet, wird i[n] großem Maßstab gewonnen und als Motalin, mit Benzol g[e]mischt, den Benzinen als „Antiklopfmittel“ zugesetzt. Scho[n] 0,1 vH Eisenkarbonyl kann die Klopfwirkung vollständi[g] aufheben. Besondere Bedeutung hat das Karbonyleise[n] erlangt, das durch geeignete Erhitzung von Eisenkarbon[yl] in Form von Pulver oder Flocken erhalten wird, aber au[ch] in feste Form (z. B. Blech) gebracht werden kann. D[as] Eisen ist sehr rein und ganz frei von fremden Metalle[n]. In einer besonderen Pulverform zeigt es hohe Permeabil[i]tät, niedere Hysteresis und geringe Wirbelstromverlust[e]; es wird deshalb zur Herstellung von Magnetkernen für Pupi[n]spulen u. dergl. verwendet. Die Reinheit des Karbony[l]eisens läßt es auch für katalytische Zwecke besonders g[e]eignet erscheinen.

In der zweiten allgemeinen Sitzung hielt Prof. Dr. [H.] Franck, Berlin, einen Vortrag über

systematische Technologie,

d. h. die physikalisch-chemischen Methoden der chem[i]schen Großindustrie. Der Vortrag, der zuvor unter de[m] Titel „Verfahrensweisen“ angekündigt worden war, behan[]delt die bekannten Bestrebungen des Vortragenden zur B[e]gründung einer systematischen Technologie mit dem Zi[el] einer „Prinzipienlehre der Technik“. Nicht die Einteilun[g] nach Rohstoffen, Stoffgruppen, Fabrikationsgebieten, sonder[n] die Arten der Verfahren sollen den ordnenden Grundsa[tz] darstellen. Für die Wiederholung bestimmter technisch[er] Maßnahmen ist nicht der Stoff an sich, sondern sein jewe[i]liger Zustand maßgebend. Gleiche oder ähnliche physik[a]lisch-chemische Bedingungen haben gleiche oder ähnlich[e] Bedingungen für Apparatur, Materialbewegung, Energi[e]übertragung zur Folge. So kommt es z. B., daß die stof[f]lich verschiedenen Prozesse der Herstellung flüssigen Am[]moniaks aus Stickstoff und Wasserstoff und des Methano[ls] (Methylalkohols) aus Kohlenoxyd und Wasserstoff als Ko[n]taktreaktionen zwischen zwei Gasen derselben Verfahre[ns]art angehören und demselben technischen Prinzip unte[r]liegen. Man gelangt so zu einer „Querschnittsbetrachtung“ und induktiv zu allgemeinen Sätzen, wie z. B.: „Bei d[er] Regulierung optimaler Reaktionstemperaturgebiete gilt da[s] Prinzip, daß alle Wärmeerzeugung dem dreidimensionale[n] Raum, alle Wärmeübertragung oder -ableitung der zwe[i]dimensionalen Fläche proportional ist.“ Ein solcher Sa[tz]

führt nun deduktiv zur Methodik des technischen Handelns, zur Klärung apparativer Konstruktionsnotwendigkeiten. Noch nicht alle chemisch-technischen Gebiete liegen in ihren physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten so klar, um sich der Systematik der Verfahrenarten einzuordnen oder davon vollständig ergriffen zu werden (z. B. Gärungsgewerbe, Keramik). Dies sind Gebiete, die einer systematischen Technologie erst noch erobert werden müssen.

Den Schluß der allgemeinen Sitzungen bildete die wohlgelungene Filmvorführung der „Achema V“, der vorjährigen großen Ausstellung für chemisches Apparate- und Maschinenwesen in Essen (Ruhr). Den Besuchern der Ausstellung wurde damit eine anschauliche Erinnerung geboten, den übrigen Fachgenossen ein überzeugender Eindruck von der Ausdehnung und Vielseitigkeit. Dr. Bretschneider, Hannover, hob in seinen Erläuterungen viele chemisch-technisch interessante Einzelheiten des laufenden Bildes hervor und erzielte auch dadurch eine eindringliche Wirkung, daß er an verschiedenen Stellen mit den gestikulierenden Erklärungen an Maschinen- und Apparateteilen auf dem Film synchron sprechen konnte. Mit einem Hinweis auf die für 1930 in Frankfurt (Main) geplante „Achema VI“ schloß die Vorführung.

Fachgruppen-Sitzungen

Das Vortragsprogramm der 16 Fachgruppen des Vereins Deutscher Chemiker war äußerst reichhaltig und umfaßte etwa 170 Einzelvorträge. Aus der Fülle des Gebotenen können wir nur einiges herausziehen, das die Interessen des Leserkreises dieser Zeitschrift berührt. Die Auswahl bedeutet natürlich kein Werturteil nach irgendeiner Richtung hin.

In der Fachgruppe für analytische Chemie zeigte Dr. Heinrich, Dortmund, in seinem Vortrage „Versuche zur Rationalisierung im Betriebslaboratorium“, daß auf diesem Gebiete durch Zeitstudien wichtige Aufklärungen erhalten werden können darüber, in welchen Arbeitsphasen der größte Zeitverbrauch liegt und folglich durch geeignete Maßnahmen die größte Zeitersparnis herauszuholen ist. Die Wege spielen im Laboratorium nur eine untergeordnete Rolle, im Gegensatz zu der Bedeutung, die ihnen sonst bei Organisationsmaßnahmen zugeschrieben wird. Besonders wichtig sind die selbstverlaufenden Vorgänge, die vom Laboranten keine positive Arbeit, sondern nur mehr oder weniger Überwachung erfordern, so daß (unter den erforschten Bedingungen) sein wirklicher Beschäftigungsgrad nur 40 vH erreicht. Deshalb gilt es vor allem, diese selbstverlaufenden Vorgänge durch technische Vervollkommnungen zeitlich abzukürzen und möglichst selbsttätig zu machen.

In der Fachgruppe für anorganische Chemie behandelte Prof. Dr. F. G. Hüttig, Prag, den „Prozeß des Kalkbrennens“, der keineswegs ein so einfacher Vorgang ist, wie allgemein angenommen wird. Er wird vor allem dadurch verwickelt, daß Kalziumoxyd und Kalziumkarbonat feste homogene Mischungen geben und daß reine, unangegriffene Kalziumkarbonatkristalle einen geringeren Kohlendioxyddruck haben, als bei gleicher Temperatur dem Gleichgewichtsdruck der umkehrbaren Reaktion entspricht. Ferner sprach Dr.-Ing. H. Prausnitz, Jena, über „Versuche mit explosiven Gasgemischen“ und beschrieb Rückschlagventile aus Glas- und Quarzfilterplatten.

Aus der Fachgruppe für organische Chemie erwähnen wir den Vortrag von Dr.-Ing. K. Kürschner, Brünn, über „Fichtenlignin, Huminkörper und Braunkohlen“. Mittels alkoholischer Salpetersäure werden aus Hölzern kristallisierbare, in den meisten organischen Lösungsmitteln lösliche, sublimierbare Nitroderivate gewonnen. Ähnliche Erzeugnisse erhält man aus technischem Lignin, aus Huminsäuren, aus Kasseler Braun und aus Braunkohlen. Der Zusammensetzung nach stimmen die Erzeugnisse annähernd mit Nitro-Coniferylalkohol überein. Der Vortragende erhofft von diesen Befunden eine wesentliche Förderung des Studiums der Lignin- und Huminstoffe.

Auf dem Gebiet der Fachgruppe für medizinisch-pharmazeutische Chemie sprach Prof. Dr. C. B. G. Giemsa, Hamburg, über „Neuere Arbeiten aus dem Gebiete der Chemotherapie“ und erwähnte das arsenhaltige „Tryparsamid“ gegen die Schlafkrankheit (von Jacobs und Heidelberger), die gleichfalls trypanoziden, heterocyklischen Arsenpräparate von Binz und Räth, das antimonhaltige Stibosan, die gegen Tuberkulose und Lepra wirksamen organischen Goldverbindungen, die metallfreien Trypaflavin und Rivanol, und schließlich das Plasmochin gegen Malaria, ein Alkylaminoderivat des p-Methoxychinolins.

Über die Fachgruppe für Geschichte der Chemie begnügen wir uns mit der allgemeinen Bemerkung von Prof. Dr. Walden, Rostock, in seinem Vortrag über „Johann Glauber (1604 bis 1670) als anorganischer und organischer Chemiker“, daß oft Jahrzehnte und Jahrhunderte, auf bestimmte Denk- und Arbeitsrichtungen eingestellt, scheinbar blind an den wichtigsten Entdeckungen und Erkenntnissen einzelner hervorragender Menschen vorbeigegangen sind, so daß, vom geschichtlichen Standpunkt aus betrachtet, manche wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen in viel früherer Zeit möglich gewesen wären, aber um ganze Generationen verschoben worden sind. Vielleicht urteilt die Nachwelt einmal ebenso über uns.

Die Fachgruppe für Brennstoff- und Mineralölchemie hatte von allen Fachgruppen den stärksten Besuch aufzuweisen (bis zu 400 Teilnehmer), ein Zeichen dafür, daß dieses Gebiet die brennendsten wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Fragen berührt.

Dir. Dr. Müller, Bochum, hielt einen Vortrag „Bemerkungen über den derzeitigen Stand der Veredelung der Steinkohle“, der die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte behandelte.

Über „Schmelzpunktbestimmung von Brennstoffaschen“ sprach Prof. Dr. K. Bunte, Karlsruhe. Ein neues Verfahren des Gasinstitutes von Bunte und Baum gestattet den gesamten Schmelzvorgang zeichnerisch festzuhalten und erlaubt mit Hilfe der erhaltenen Schaulinien eine Klasseneinteilung der Kohlen, die mit einer auf Grund großtechnischer Versuche vorgenommenen Klasseneinteilung des Bureau of Mines, V. St. v. A., übereinstimmt.

Dr. C. Wulff, Breslau, besprach in seinem Vortrag: „Neue synthetische Öle“, ein Verfahren zur Herstellung von hochwertigen Schmierölen aus aromatischen Kohlenwasserstoffen und Olefinen mittels Katalysatoren der Friedel-Craftsschen Reaktion. Als Katalysatoren eignen sich z. B. die Halogenide des Aluminiums, Eisens oder Bors. Bei Temperaturen bis etwa 350° erhält man Schmieröle, die den amerikanischen gleichkommen.

Ferner wurden noch behandelt die Ölreinigung mittels Flußsäure, Alterungsbestimmung von Ölen, Bestandteile des Koksofengases, neue Braunkohlen-Schwelanlagen, Schwefelsäureraffination und die Fortschritte in der Chemie der Huminsäure und der Kohle.

Aus der Fachgruppe für Chemie der Erd-, Mineral- und Pigmentfabriken sei erwähnt, daß hier Anstrichfarben und Anstrichtechnik besonders hervortraten und u. a. von Dr. Schulz, Kirchmöser, die Lieferungsbedingungen für Anstrichstoffe und deren Güteprüfung bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft besprochen wurden. Dr. P. Wolski, Leverkusen, trug über die Bedeutung von Glanzmessungen für die Anstrichtechnik vor. Der Glanz wird als das Verhältnis des von der Fläche regelmäßig zurückgestrahlten (nicht zerstreuten) Lichtes im Verhältnis zum auffallenden Licht erklärt und mit dem Glanzmeßapparat der Firma Janke & Kunkel, Köln, gemessen. Über Farbtonmessung und Farbtonnormung sprach Dipl.-Ing. R. Hünerbein, Hannover.

Aus der Fachgruppe für Chemie der Farben- und Textilindustrie seien nur die Stichworte „Kunstseidenfabrikation“, „Kunstseidenfärberei“, „Schlichterei“ angeführt und ganz kurz auf den Vortrag von Dipl.-Ing. G. Ziersch, Brombach, „Zur Beurteilung der Lichtechtheit von Färbungen“ eingegangen. Auf Grund der Ostwaldschen Farbenlehre ist der Begriff Lichtechtheitszahl L folgendermaßen bestimmt worden:

$$L = \left(\frac{W'}{H'} - \frac{W}{H}\right) \cdot 100 \cdot$$

W und W' bedeuten die Weißgehalte, H und H' die Bezugshelligkeiten der unbelichteten und der belichteten Probe, wobei $H = 1 -$ Schwarzgehalt ist.

Die Fachgruppe für Wasserchemie zeigte durch ihr außerordentlich reiches Vortragsprogramm, daß auf ihrem Gebiete sehr stark gearbeitet wird und viele Fragen der Lösung harren. Die behandelten Themen teilen sich in die Hauptgruppen: Trinkwasser, Betriebswasser, Abwasser, Kesselspeisewasser.

Ein wichtiges Gebiet unserer Zeit bearbeitet die Fachgruppe für Landwirtschaftschemie. Auf den Vortrag von Dir. Dr. A. Mittasch, Ludwigshafen, „Über Misch- und Volldünger“ wollen wir wenigstens mit einigen Worten eingehen. „Nitrophoska“ ist ein Volldünger, gewonnen aus Ammonnitrat, Kalisalz und Diammonphosphat und enthält in jedem Korn alle drei Kernnährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Kali). Dazu tritt der wertvolle Gartendünger Harnstoff-Kali-Phosphor. Auf Grund pflanzenphysiologischer Studien wurden verschiedene Verhältnisse (N : P : K) gewählt in Anpassung an die Verschiedenheit von Pflanzenart, Boden und Klima. Die Volldünger sollen die Einzeldünger nicht verdrängen, aber ergänzen und so den Nachteilen einer zu einseitigen Düngung entgegenwirken.

In der Fachgruppe für gerichtliche, soziale und Lebensmittelchemie sprach Dr. E. Natho, Essen, über die Gefährlichkeit des Zement- und Kalkstaubes für Menschen, Tiere und Pflanzen. Nach Feststellungen von Geh.-Rat Prof. Dr. Lehmann, Würzburg, atmet ein Arbeiter in der Zementindustrie in 30 Jahren einen ganzen 10 t-Eisenbahnwagen Zement ein. Noch schlimmer ist die Staubplage in den Kalkwerken. Die gesundheitlichen Schädigungen werden besprochen und es wird die Einführung aller geeigneten technischen Maßnahmen zur Bannung dieser Gefahr gefordert, insbesondere die Entstaubung auf elektrischem Wege. In den weiteren Vorträgen der Fachgruppe wurde besonders das Arsen eingehend behandelt (in der Natur überhaupt: Geh.-Rat Prof. Dr. Lockemann, Berlin; im Tabak und in Rauchgasen: Dr. H. Popp, Frankfurt (Main); in Leichenaschen: Prof. Dr. G. Popp, Frankfurt (Main)).

Besondere Fachgruppen befaßten sich mit den volkswirtschaftlichen Fragen der chemischen Industrie, mit chemisch-wissenschaftlicher Betriebsführung, mit Unterrichtsfragen und mit Fragen des gewerblichen Rechtsschutzes.

Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen (Dechema)

Die zweite Hauptversammlung der „Dechema“ fand am 1. Juni unter dem Vorsitz ihres Gründers, Direktor Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Max Buchner statt. Die erfreuliche Entwicklung der Gesellschaft als Bindeglied zwischen mechanischer Technologie und Chemie, ihre erfolgreich in Angriff genommenen Aufgaben, traten schon verschiedentlich im Rahmen des Vereins Deutscher Chemiker in die Erscheinung.

Im wesentlichen stand das Programm im Zeichen des Schutzes gegen Anfressung von Metallen, der sich zu einer Frage von größter wirtschaftlicher Bedeutung auswächst. Man sprach über Anfressungserscheinungen der in Viskose-Kunstseidenfabriken verwendeten Metalle, über Rostschutzanstrich und neuere galvanische Überzüge, ferner über den Anfressungsschutz durch chemische Veränderung der Oberfläche eines Werkstoffes. Den Schluß bildete ein besonders fesselnder und lehrreicher Vortrag von Prof. Dr. W. Guertler, Berlin, über Vereinheitlichung der Untersuchungen über die Widerstandfähigkeit von metallischen Werkstoffen gegen chemische Eingriffe. Ausgehend von der bekannten eisernen Säule in Delhi, die ohne besondere Rostschutzmaßnahmen Jahrtausenden getrotzt hat, kam der Vortragende ausführlich auf den natürlichen Selbstschutz des Kristallgitters zu sprechen und auf die Veredelung der Metalle durch Einlagerung positiverer Metalle in das Kristallgitter nach dem Tamannschen Achtel-Gesetz, sowie auf solche Metallzusammensetzungen, die insgesamt einen edleren Charakter haben, als jeder der einzelnen Bestandteile. Kupfer, Chrom, Nickel, Vanadium und Wolfram spielen in solchen Legierungen eine besondere Rolle, und man ist schon zu Zusammensetzungen gelangt, die in der Größenordnung der Unangreifbarkeit des Goldes gleichkommen. Damit sind werkstofftechnisch und wirtschaftlich hervorragend wichtige Aussichten eröffnet.

[N 1753] Liesche

Werkstoffprüfung

Lagermetall-Prüfmaschine, Bauart v. Schwarz[1])

Bisher war noch keine Lagermetall-Prüfmaschine bekannt, die an kleinen Probestücken unter ständiger Schmierung die Eignung eines Lagerweißmetalles zu bestimmen gestattet. Den Bau der Prüfmaschine regte eine Vorrichtung von Ing. H. Borofskian, mit der man die Erhitzung einer kleinen Probe von 1 cm² unter 25 kg Belastung bei 5 m/s Umfangsgeschwindigkeit messen kann. Da aber die Anforderungen an die Lagermetalle durch die Flugmotoren und andre hochgezüchtete und höchstbeanspruchte Maschinen immer größer und größer werden, erscheint es wichtig, die Eignung und insbesondere die Grenzbeanspruchungen der verschiedenen Lagerweißmetalle messen zu können.

Dank der Unterstützung durch den Bund der Freunde der Technischen Hochschule München konnte nach den Angaben von M. v. Schwarz eine Prüfmaschine, Abb. 1, von der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff gebaut werden. Ein kleiner Prüfkörper von 1 cm² Querschnitt, Abb. 2 und 3, wird in die Haube der Prüfmaschine eingesetzt und mit bestimmtem, veränderlichem Druck auf einen polierten, gehärteten Stahlring aufgepreßt, der sich mit einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 0,5 bis 13 m/s dreht. Der Ring hat 12 cm Dmr. Er ist mit einer Isolierschicht auf die hohle Stahlwelle aufgepaßt, so daß nur wenig der erzeugten Reibungswärme durch unmittelbare Leitung abfließen kann. Im Gehäuse befindet sich eine bestimmte Ölmenge bestimmter Eigenschaft: (Dichte 0,919, Flammpunkt 200 bis 210 °, Brennpunkt 245 bis 255 °, Zähflüssigkeit bei 50 ° = 4,74 E, bei 100 ° = 1,69 E, bei Zimmertemperatur = 9,49 E, Kältepunkt 6,2 °, säurefrei), so daß der Laufring und die Probe gut geschmiert werden. Der Prüfkörper hat eine Bohrung, in die das Thermometer eingesetzt wird; man kann hieran etwa von 5 zu 5 min den Temperaturanstieg verfolgen. Gleichzeitig wird auf der Teilung das auftretende Reibungsmoment abgelesen. Beide Werte werden in eine Kurve eingetragen, die dann ein kennzeichnendes Bild von dem Verhalten des Lagermetalles unter den jeweiligen Prüfungsbedingungen ergibt. Einzelheiten der Lagermetall-Prüfmaschine zeigt Abb. 4.

Bisher wurden bei den Wiederholungen der Versuche an demselben Probekörper sowohl, als auch bei weiteren, neugegossenen Probekörpern (zum Gießen ist eine eigene kleinere Form vorgesehen) recht gut miteinander übereinstimmende Werte erhalten. Unabhängig voneinander ermittelte Versuchsreihen an verschiedenen Prüfkörpern desselben Lagermetalles zeigten z. B. bei 4 m/s und 30 kg Belastung nur Unterschiede von etwa 1 ° in der Temperaturkurve. Die Probe muß man jeweils vor der eigentlichen Prüfung und Aufnahme einer Versuchsreihe mit verschiedenen Belastungen und Geschwindigkeiten, je nach der Art des Lagermetalles, etwa eine halbe bis zu mehreren Stunden einlaufen lassen. Nur bei einigen Lagermetallen machte die Beobachtung des Reibungsmomentes einige Schwierigkeiten, weil die Pendelwaage manchmal sehr stark schwankte. Dies scheint aber auch ein Kennzeichen für einzelne Lagermetallsorten zu sein. Die Ursache dieser Erscheinung konnte bisher noch nicht aufgeklärt werden.

Abb. 1
Prüfmaschine für Lagermetalle, Bauart M. von Schwarz, gebaut von Mohr & Federhaff.

a Thermometer *b* Meßuhr zur Bestimmung des Druckes, der von der Feder *c* ausgeübt wird und mittels der Schraube *d* verändert werden kann *e* Pendelwaage zur Bestimmung des Reibungsmomentes *f* Skala zum Ablesen des Reibungsmomentes.

[1]) Vorläufiger Bericht über Vergleichsversuche.

Abb. 2 und 3
Prüfkörper.

Abb. 4
Schnitt durch den Pendelkopf der Lagermetall-Prüfmaschine.

a Thermometer
b Prüfkörper
c Laufring
d Isolierschicht
e Ölbad

Abb. 5
Verlauf von Temperatur und Reibungsmoment bei verschiedenen Lagermetallen, bei niedrigen Drücken und Geschwindigkeiten.

Abb. 6
Temperaturverlauf und Reibungsmoment bei niedrigem Druck und hohen Geschwindigkeiten

Abb. 7
Temperaturverlauf und Reibungsmoment bei höherer Belastung und niedriger Geschwindigkeit.

Zu **Abb. 5** bis **9**

a graphithaltiges Blei-Antimon-Lagermetall
b Lagermetall mit 80 vH Blei sowie Zinn und Antimon
c 80 vH Zinn, 12 vH Antimon, 8 vH Kupfer (bleifrei)
d nickelhaltiges Blei-Zinn-Antimon-Lagerweißmetall
e englisches Zinnlagermetall mit 90 vH Zinn
f alkali- und erdalkalimetallhaltiges Bleilagermetall

Sechs Sorten von Lagerweißmetallen wurden untersucht:

a) ein graphithaltiges Blei-Antimon-Lagermetall,
b) Lagermetall mit 80 vH Blei sowie Zinn und Antimon,
c) 80 vH Zinn, 12 vH Antimon und 8 vH Kupfer (bleifrei),
d) nickelhaltiges Blei-Zinn-Antimon-Lagerweißmetall,
e) englisches Zinnlagermetall mit 90 vH Zinn,
f) alkali- und erdalkalimetallhaltiges Bleilagermetall.

Die Kurven, Abb. 5, lassen erkennen, daß bei niedrigen Drücken (30 kg) und niedrigen Geschwindigkeiten (etwa 4 m/s) die Unterschiede des Verhaltens der verschiedenen Sorten der Lagerweißmetalle nur sehr gering sind. Die gewöhnlichen Bleilagermetalle erweisen sich hier als mindestens ebenso gut wie die hochwertigen Zinnlagermetalle. Besonders ist hier das graphitierte Lagermetall *a* hervorzuheben, das nicht nur die geringste Erwärmung, sondern auch die geringsten Reibungsmomente zeigte.

Steigert man die Umfangsgeschwindigkeit bei demselben Druck auf 13 m/s, Abb. 6, so treten die kennzeichnenden Unterschiede zwischen den verschiedenen Lagerweißmetallen schon sehr deutlich hervor. Hier ist das alkali- und erdalkalimetallhaltige Bleilagermetall *f* schon überbeansprucht: es ist also für so hohe Geschwindigkeiten unbrauchbar. Geradezu entgegengesetzt verlaufen die kennzeichnenden Kurven beim nickelhaltigen Bleilagermetall *d*, das sich nach Beendigung des neuerlichen Einlaufes (vergl. die Einlaufnase) als das günstigste in bezug auf den Temperaturanstieg und das Reibungsmoment erwies.

Bei mittlerem Druck (80 kg) und bei niedriger Geschwindigkeit (etwa 4 m/s) sind die Unterschiede nicht besonders groß, Abb. 7. Die Reibungsmomente schwanken allerdings sehr stark, eine Erscheinung, die auch noch nicht ganz aufgeklärt werden konnte. Steigert man nun auch bei dieser mittleren Belastung die Geschwindigkeit auf etwa 10 bis 13 m/s, dann treten die Unterschiede in den einzelnen Kurven wieder deutlich hervor, Abb. 8. Ganz unbrauchbar erweist sich unter diesen Verhältnissen wieder das alkali- und erdalkalimetallhaltige Bleilagermetall *f*. Ungefähr gleichartig gut verhalten sich die beiden Lagerweißmetalle *d* und *e*. Unter diesen Bedingungen zeigt sich

Abb. 8
Temperaturverlauf und Reibungsmoment bei hohem Druck und hoher Geschwindigkeit.

Abb. 9
Temperaturverlauf und Reibungsmoment bei sehr hohem Druck und niedriger Gleitgeschwindigkeit.

das Lagermetall *c* als das beste in bezug auf den Temperaturanstieg, während das Lagermetall *e* das günstigste Reibungsmoment nach genügend langem Einlauf zeigt.

Bei der höchsten Belastung von 120 kg und etwa 4 m/s Umfangsgeschwindigkeit ergeben sich die ausgeprägtesten Unterschiede, Abb. 9. Hier wird das graphitierte Lagermetall *a* unbrauchbar, *f* ist schon an der Grenze der Beanspruchbarkeit und nach längerem Einlauf ist *d* wieder das günstigste; etwa miteinander übereinstimmend, sowohl in bezug auf den Temperaturanstieg als auch auf das Reibungsmoment, sind die beiden hochzinnhaltigen Lagerweißmetalle *c* und *e*.

Aus diesen Prüfergebnissen von Vorversuchen, die noch weiter fortgesetzt werden, ergibt sich, daß mit Hilfe der neuen Lagermetallprüfmaschine vermutlich eine Bewertung der so verschiedenen Lagermetallsorten unter verschiedenen Betriebsbedingungen möglich sein wird und daß damit wohl auch gewisse Normen geschaffen werden können. Dies dürfte dem Konstrukteur sehr willkommen sein; denn er kann dann das entsprechende Lagermetall mit Sicherheit aussuchen. Für weniger beanspruchte Lager kommt man mit einem billigen Bleilagermetall aus und kann die Grenzen der Beanspruchbarkeit festlegen.

Bemerkenswert ist noch, daß sich durch die Quetschhärteprüfung nach H. Borofski eigenartige Beziehungen ergeben, die, vereint mit obigen Messungen, die Lagerweißmetalle genau einteilen lassen, worüber später eingehend berichtet werden soll.

München M. v. Schwarz und E. Fleischmann

Eisenhüttenwesen

Kontinuierliches Feinblech-Streifenwalzwerk mit zehn Gerüsten

Die Youngstown Sheet and Tube Co. Indiana Harbor, Ind., hat ein kontinuierliches Streifen- und Platinenwalzwerk gebaut, das in mancher Beziehung bemerkenswert ist[1]). Damit das Blockwalzwerk außer der bereits vorhandenen 711 mm-Straße auch das neue 533 mm-Walzwerk bedienen kann, wurde die Walzwerkhalle um 25 m verbreitert und die 533 mm-Straße neben die 711 mm-Straße gelegt. Die 533 mm-Straße liefert 159 mm bis 425 mm breite Platinen und Normalfeinblechstreifen in allen Dicken. Der Abführungsrollgang hinter den Gerüsten läuft in Rollenlagern und der Zuführungsrollgang vor den Gerüsten in Bronzelagerbüchsen. Alle Getriebe haben gefräste Zähne und laufen ganz in Öl.

Das 533 mm-Walzwerk, Abb. 10, hat 10 Walzgerüste mit wagerechten Walzen und drei Stauchgerüste mit senkrechten Walzen. Die ersten drei Gerüste sind Vorwalzgerüste mit 610 mm Walzen-Dmr. Die Walzen werden mittels Übersetzung und Winkelradgetriebe von einem 3600 PS-Induktionsmotor mit zwischen 156 und 290 U/min regelbarer Umdrehungsgeschwindigkeit angetrieben. Auf die drei Vorgerüste folgt ein Stauchgerüst mit senkrechten Walzen von 457 mm Dmr., die durch einen 300 PS-Motor mit zwischen 300 und 900 U/min regelbarer Umdrehungsgeschwindigkeit angetrieben werden.

Die nächsten vier Gerüste mit 533 mm-Walzen-Durchmesser sind Zwischengerüste. Die Walzen dieser Gerüste werden von einem 4040 bis 7500 PS-Induktionsmotor mit zwischen 134 und 250 U/min regelbarer Umdrehungsgeschwindigkeit mittels Winkelradgetriebe angetrieben. Ein zwischen dem fünften und sechsten Gerüst liegendes Stauchgerüst mit senkrechten Walzen treibt der gleiche Motor an. Zwischen dem siebenten und achten Gerüst liegt ebenfalls ein Stauchgerüst, das aber von einem besonderen Motor angetrieben wird. Die Gerüste 8, 9 und 10, Abb. 10, sind Fertiggerüste mit 533 mm-Walzen-Durchmesser. Die Walzen treibt ein 2000 PS-Motor mit zwischen 86 und 195 U/min regelbarer Umlaufgeschwindigkeit an.

Da die vom Blockwalzwerk kommenden Blöcke in einer Hitze unmittelbar ausgewalzt werden und die Streifen in den Fertigkalibern noch so warm sein müssen, daß sie noch

[1]) „The Iron Age" Bd. 121 (1928) Nr. 12 S. 799.

Abb. 10
Antrieb eines kontinuierlichen Feinblech-Streifenwalzwerkes.

walzfähig sind, legte man die Gerüste des kontinuierlichen Walzwerkes so nahe wie möglich zusammen. Der Abstand von Mitte zu Mitte Walze der einzelnen Gerüste beträgt daher nur 3,05 bis 3,66 m.

Da die ersten sieben Gerüste langsam laufende Motoren antreiben, konnte man Winkelräder zum Antrieb verwenden. Wegen der Geschwindigkeitsverhältnisse haben einige der Getriebe bis zu 3,96 m Dmr. Da dieser Durchmesser größer ist als der Abstand der Gerüste voneinander, so hat man die Motorwelle schräg gelegt. Abführungsrollgang und Scheren bieten nichts Neues. Der letzte Teil des Rollganges hat dagegen eine Vorrichtung, um die Streifen zu doppeln, ehe sie auf das Lager kommen. Gleichzeitig kühlen Spritzdüsen die Streifen ab. [M 1519] Steck

Kleine Mitteilungen

Zinnschmelzanlage in Bootle, England

In Bootle bei Liverpool hat die Anglo-Oriental Mining Corp. eine neue Zinnschmelzanlage in Betrieb genommen. Das Schmelzverfahren setzt sich aus mehreren Stufen zusammen. Zuerst wird das Erz bei 600 bis 700 °C in Öfen mit Ölfeuerung geröstet, dann gelaugt, um die Verunreinigungen zu entfernen und schließlich in die Schmelzöfen gebracht, wo man es bei 1250 °C mehrere Stunden behandelt. Die Öfen werden in Pfannen abgestochen. Mit Handlöffeln wird das Metall in Blöcke von rd. 51 kg vergossen. Die abgekühlten Blöcke werden im Raffinierofen bei verhältnismäßig niedriger Temperatur umgeschmolzen und wieder in Pfannen gegossen; hierin wird das Metall in steter Bewegung gehalten, damit die Krätze an die Oberfläche kommt, die dann mit der Hand abgeschöpft wird. Das praktisch reine Metall wird nun in Blöcke von 12½, 25½ und 45½ kg vergossen. Eine wichtige Neuerung bei dieser Anlage ist die Art der Rückgewinnung des Metalls aus den Dämpfen mit Hilfe einer elektrostatischen Anlage, die mit 100 000 V arbeitet und 200 t Zinn im Jahr oder rd. 2 vH der Erzeugung wiedergewinnen soll. Die Werke verarbeiten rd. 1000 t Erze in einem Monat mit einem Ausbringen von 650 bis 700 t Zinn von 99,95 vH Reinheit. („The Engineer" 20. Juli 1928 S. 74) [N 1568 a] Ste.

Englische Versuche mit verkleinerten Schraubenmuttern

Der Wunsch der Industrie, durch Verkleinerung der Schlüsselweite und der Höhe von Schraubenmuttern gegenüber den genormten Abmessungen an Werkstoff für die Muttern, die Flanschen usw. zu sparen, hat die British Engineering Standards Association veranlaßt, sich mit Normen für verkleinerte Muttern zu befassen, damit sich nicht Muttern einführen, die einzelne Fabriken nach Bedarf hergestellt haben.

Zunächst hat man die Festigkeit verkleinerter Muttern geprüft. Die Schrauben wurden in Zugprüfmaschinen eingespannt, dann wurden die Muttern unter gleichbleibender Last angezogen. Die Schrauben wurden dann entlastet und wiederholt höher belastet bis zum Bruch. Die Versuchsergebnisse sind erschienen[1]). Man hat außerdem geprüft, ob sich die niedrigen Muttern bei Schwingungen leichter lösen als normale und hat festgestellt — wie s. Zt. bei den deutschen Versuchen[2]) — daß die Muttern fest bleiben, da die Genauigkeit der Herstellung einen viel größeren Einfluß auf das Lockerwerden der Schrauben hat als die Höhe der Mutter. („Engineering" 20. Juli 1928 S. 90). [N 1568 e] Pa.

[1]) Nat. Phys. Labor. Dep. of Scientific and Industrial Research. Engineering Research: Spec. Report Nr. 7: „The strength of hexagon nuts of less than standard size for bright steel bolts". H. M. Stationary Office. Pr. 1 sh 3 d.

[2]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 552.

Abwässerung in Brooklyn

Im Osten von Brooklyn wird ein neuer Stadtteil von rd. 1400 ha mit Entwässerungsanlage versehen. Der erste Teil der Hauptleitung hat einen Strang und später zwei nebeneinanderliegende Stränge von je rd. 4 m Höhe und 2,75 m Breite. Im letzten Teil der Leitung liegen drei Rohre von 4,25 und 2,75 m nebeneinander, durch die rd. 69 m³/s ablaufen können. Das Hauptrohr ist rd. 4,5 km lang und meist in der Mitte der Straßen, neben Gas-, Wasser- und elektrische Leitungen, verlegt. Als Baustoff wird Eisenbeton verwendet; die Kanalsohle ist mit glasierten Backsteinen oder Ziegeln belegt. Meist wurde der Beton unmittelbar auf den sandigen Untergrund gestampft, nur in einigen Fällen mußte man eine Zwischenlage aus Holz einbauen. („Engineering" 20. Juli 1928 S. 61/65) [N 1568 d] Schr.

Eröffnung der Pyrenäenbahn Bedous–Jaca

Bisher hatten Frankreich und Spanien zwei Bahnverbindungen an den äußersten Enden der Pyrenäen nahe an den Meeresküsten. Bedous, die Ausgangstelle, liegt 406 m, der höchste Punkt der Bahn 1216 m hoch im Somporttunnel, der 7,822 km lang ist und teils auf französischem, teils auf spanischem Gebiet liegt. Der Tunnel bildet eine Schleife, hat 4 m Weite in Schienenhöhe, 5,5 m Höhe und Steigungen bis zu 43 vT. Nahe dem Tunnelausgang auf spanischer Seite liegt der Grenzbahnhof Canfranc in 1195 m Höhe.

Die Bahn wird mit Gleichstrom von 1500 V betrieben; die B-B-Lokomotiven gleichen denen auf der Midi-Bahn.

In etwa einem Jahre soll eine zweite Bahn über die Pyrenäen von Ax-les-Thermes nach Puigcerda eröffnet werden, und der Bau einer dritten zweigleisigen Verbindung Oust – Sort ist genehmigt. („Le Genie Civil" 21. Juli 1928 S. 53/66*) [N 1568 c] Ro.

Das Brüchigwerden von Kesselblechen

Parr und Straub, deren Untersuchungen über die Rißbildung an Kesselblechen schon aus dem Vortrag von Münzinger in der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1925 bekannt sind[1]), legten jetzt der Midwest Power Conference in Chikago eine Zusammenfassung ihrer bisherigen Arbeiten über diese Frage vor. Die Untersuchungen erstreckten sich auf rd. 300 brüchig gewordene Kesselbleche und führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Dem Werkstoff kann keine Schuld zugeschrieben werden.
2. Konstruktion oder Bearbeitung sind nicht die Erstursachen.
3. Die Bedienung der Kessel ist nicht zu beanstanden.
4. Alle brüchig gewordenen Kessel enthielten alkalisches Wasser mit wenig Sulfaten.
5. Natronlauge ist der einzige in den Kesseln vorhandene Stoff, der unter Spannung stehendes Kesselblech brüchig macht; die zur Rißbildung erforderliche Konzentration ist jedoch höher, als in den meisten Kesseln gefunden wurde.
6. Durch Erhöhen des Sulfatgehalts wurde im Laboratorium und in der Kesselanlage die Rißbildung zum Stillstand gebracht.
7. Weitere Schutzmittel wurden entdeckt, jedoch liegen darüber noch keine genügenden Erfahrungen vor.

(„Mechanical Engineering" Juli 1928 S. 523*) Le.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 840. [N 1568 b]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Die Technik der Betriebsrechnung. Von O. Frei. Berlin 1928, VDI-Verlag. Preis 6 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Das Wesen der Betriebsrechnung von Maschinenfabriken ist schon vielfach in Büchern usw. ausführlich dargestellt worden, während aus andern Industriezweigen verhältnismäßig wenig Veröffentlichungen darüber vorhanden sind. Die vorliegende Beschreibung der Betriebsrechnung eines Werkes, das Scharniere, Riegel, Schlösser usw. herstellt, gibt einen willkommenen Einblick in die rechnerische Überwachung dieses bisher im Schrifttum kaum behandelten Industriezweiges. Unter Verzicht auf theoretische Betrachtungen und auf Abschweifungen in die Vermögens- und Erfolgrechnung zeichnet der Verfasser das Bild einer Betriebsrechnung, die neben den eigentlichen Fertigungsbetrieben des Werkes noch verschiedene Hilfsbetriebe (Kaltwalzwerk, Fassondreherei, Kisten- und Kartonnagenherstellung, Maschinen- und Werkzeugbau für Eigenbedarf) umfaßt.

Die Erfassung und Verteilung der „mittelbaren Aufwände" wird sehr ausführlich dargestellt. Hier und an andern Stellen wären besser die eingebürgerten Bezeichnungen des „Grundplans der Selbstkostenberechnung" benutzt worden, statt neue und nicht immer glückliche Wortbildungen einzuführen. Die Betriebsmittelkosten werden

mit Hilfe von „Zeiteinheitspreisen“ verrechnet; im ganzen arbeitet das beschriebene Rechnungsverfahren vielfach mit Richtwerten (Sollkosten), ohne daß es als völlig durchgeführte Plankostenrechnung aufgebaut ist. Wenn sie auch nur ein Beispiel eines Einzelfalles ist, kann die Schrift besonders mittlere und kleinere Werke anregen, eine veraltete Selbstkostenrechnung durch eine neuzeitliche Betriebsrechnung zu ersetzen, die zu immer tieferen Einblicken in die Betriebswirtschaftlichkeit führt.

[E 1744] Zdl.

Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung. Von K. Gottwein. 2. Auflage. Berlin 1928, VDI-Verlag. 93 S. m. 70 Abb. u. 1 Anwendungstafel. Preis 6 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Vielleicht etwas spät hat sich der Gedanke durcngesetzt, daß die theoretische Lösung einer technischen Frage und die Art ihrer Verwirklichung mindestens gleich wichtig sind. Man begann die Aufmerksamkeit auch der Fertigung zuzuwenden, deren Wirtschaftlichkeit oft den Wert eines technischen Fortschrittes bestimmte. Wirklich wirtschaftliche Fertigung war aber erst möglich, als der Erfahrungsschatz wissenschaftlich untersucht, als in sorgfältiger Forschungsarbeit von vielen Wegen der zweckmäßigste nachgewiesen wurde. Die beste Organisation muß an Wirkungsgrad einbüßen, wenn man die Leistung von Maschine und Werkzeug vernachlässigt.

Die Abführung der bei der Arbeit des Werkzeuges entstehenden Wärme, eine richtige Kühlung und Schmierung an der Arbeitstelle vermag die Leistung sehr zu beeinflussen. In Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Frage hat sich der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit schon seit Jahren mit der Ausarbeitung von Hinweisen für Kühlung und Schmierung in der Metallbearbeitung befaßt. Die erste vom AWF im Jahre 1927 herausgegebene Schrift war außerordentlich schnell vergriffen, ein Zeichen, wie sehr sie den Bedürfnissen der Werkstätten entgegenkam. Es war ein glücklicher Gedanke des AWF, für die Neubearbeitung Herrn Prof. Gottwein, Breslau, zu gewinnen, der einerseits über reiche Erfahrungen in der Metallbearbeitung verfügte und anderseits schon wertvolle Untersuchungen auf dem Gebiete des Kühlens und Schmierens angestellt hatte. So ist ein Buch entstanden, das durch seine Gründlichkeit und Vollständigkeit überrascht, besonders wenn man sich vor Augen hält, daß hier — fast möchte man sagen — wissenschaftliches Neuland behandelt wird.

Begrüßenswert ist ferner die Klarheit der Darstellung, die das Buch besonders dem Betriebsmanne durch seine Verständlichkeit wertvoll macht.

Es bringt Angaben über den Zweck der Kühlung und Schmierung, über die Kühl- und Schmiermittel für die Metallbearbeitung, die Anforderungen an sie, ihre betriebmäßige Prüfung und die Anwendung bei den einzelnen Bearbeitungsverfahren und Werkstoffen. Ferner wird die Versorgung der Werkzeugmaschine mit den Kühlflüssigkeiten, die Rückgewinnung des Öles aus den Spänen, und die Reinigung der Werkzeuge von der Flüssigkeit besprochen. Recht interessant sind die Beispiele aus der Praxis und die Versuchsergebnisse beim Abdrehen einer Flußeisenwelle und beim Gewindeschneiden. Die Übersichtstafel aus dem Buch sollte man in jeder metallbearbeitenden Werkstatt sichtbar aufhängen und das Buch sollte in keinem Betriebsbüro fehlen; denn es zeigt Wege zur Erhöhung des Betriebswirkungsgrades. [E 1736] J. Reindl

Monographien über chemisch-technische Fabrikationsmethoden. Bd. 43: **Die Industrie der Dachpappe.** Von W. Malchow und H. Mallison. Halle a. S. 1928, Wilhelm Knapp. 13 S. m. 98 Abb. Preis 9,30 *RM*.

Die Verwendung von Dachdeckstoffen, die bei geringem Gewicht in Hinsicht auf Witterungsbeständigkeit und Feuersicherheit die zu stellenden Anforderungen erfüllen, ist in Europa erst ein knappes Jahrhundert alt. Etwa gleichzeitig mit dem Steinkohlenteer beginnt die Erzeugung von Teerdachpappen, deren Herstellung zusammen mit der Erzeugung der teerfreien Dachpappe und der Sondererzeugnisse der Dachpappenindustrie in dem vorliegenden Buch behandelt wird. Die Einleitung bilden Ausführungen über die Rohstoffe, der Hauptteil umfaßt die Fabrikation und deren Enderzeugnisse, den Schluß bilden Verarbeitung der Dachpappen und die dazu nötigen Hilfsstoffe.

Das Buch gibt eine geschlossene Darstellung über das Gesamtgebiet und kennzeichnet insbesondere die außerordentlichen Fortschritte, die in Hinsicht auf Erzeugungsverfahren und Gütesteigerung erzielt worden sind. Eine große Zahlen von bisher nicht veröffentlichten Abbildungen ergänzen den inhaltreichen Text.

[E 1722] D.

Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von Karl Jelli[nek]. 2. Aufl. 2. Bd. 4. Lfg. Stuttgart 1928, Ferdinan[d] Enke. 272 S. m. Abb. Preis 21 *RM*.

Für das ideale Lehrbuch der physikalischen Chemie, i[n] dem die chemischen Umwandlungen und die hierbei au[f]tretenden Erscheinungen in letzter Hinsicht auf Bewegung[s]vorgänge zurückzuführen wären, ist heute die Zeit noc[h] nicht reif, aber man hat doch z. B. in den zahlreichen Be[]stätigungen der heutigen Atomtheorie, in den Leistunge[n] des Massenwirkungsgesetzes und in andern Fällen Anze[i]chen dafür, daß man sich mit den heutigen physikalische[n] Anschauungen über den Aufbau der Materie auf dem rechte[n] Wege befindet. Damit gewinnt die Physik vor allem fü[r] den Chemiker erhöhte Bedeutung, und es ist erwünsch[t,] wenn das heute Bekannte im Sinne einer physikalische[n] Chemie einheitlich dargestellt wird.

Dieses Ziel hat der Verfasser beim vorliegenden Wer[k] im Auge, von dem der erste Band bereits in Z. Bd. 72 (192[8]) Heft 13 S. 451 besprochen worden ist. Er behandelt de[n] gasförmigen und flüssigen Aggregatzustand. Im vorliegen[]den, noch nicht abgeschlossenen Teile des zweiten Bande[s] wird der feste oder anisotrope, durch Kristallbildung ge[]kennzeichnete Zustand betrachtet. Demgemäß beginnt e[r] mit einer rd. 100 Seiten langen Darstellung der Grundzü[ge] der geometrischen Kristallographie, womit das System de[s] festen Körpers gekennzeichnet ist; wie es seine Eigen[]schaften erhält, wird zunächst nicht gesagt, sondern de[r] Verfasser behandelt in den folgenden Abschnitten di[e] Erscheinungen der Dichte, elastische Erscheinungen un[d] Verformungen, die Wärmedehnung, die spezifische Wärm[e,] Wärmeleitung, Schmelzen und Gefrieren sowie die Subli[]mation. Erst im Anschluß hieran wird, anknüpfend a[n] das Atomgitter, die Theorie der Freiheitsgrade gebrach[t,] die man zur Deutung des Dulong-Petitschen Gesetzes de[r] Atomwärme ersonnen hat. Da diese Theorie das allmählig[e] Auftreten eines Freiheitsgrades nicht zu deuten verma[g,] wohl aber die Quantentheorie, so folgt eine Beschreibun[g] dieser Theorie. Einige Abbildungen, wie z. B. Abb. 20[] 209, 217, 222, 228, zeigen, abgesehen von den durchgehen[d] fehlenden Unterschriften, Mängel, die bei einer Neuauflag[e] beseitigt werden könnten. [E 1708] W. Schmidt

Eisen im Hochbau. Begr. vom Stahlwerks-Verband, A.-G[.] Düsseldorf. 7. neubearb. Aufl. Herausgeg. vom Verei[n] deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf 1928, Verlag Stahl[]eisen G. m. b. H. Berlin 1928, Julius Springer. 762 [S.] Preis 12 *RM*.

In steigendem Maße hat sich seit seinem ersten Ent[]stehen im Jahre 1910 dieses Taschenbuch in mehr al[s] 60 000 Exemplaren verbreitet und sich als ein ausführliche[s] und zuverlässiges Rat- und Nachschlagebuch für jeden, de[r] mit Eisen zu tun hat, erwiesen. Die neue Auflage enthäl[t] die neuen preußischen Bestimmungen und sämtliche Vor[]schriften der Reichsbahn, sowie die einschlägige[n] deutschen Normen in einer für die Praxis ausreichen[]den, handlichen Zusammenfassung. Neu sind ferne[r] die Tragfähigkeitstabellen von einfachen und zusammenge[]setzten Knickstäben nach dem ω-Verfahren für zulässige Be[]anspruchungen von 1200 und 1400 kg/cm² und bis zu eine[m] Schlankheitsgrade $\leq$ 200 mit Anführung aller statische[n] Werte. Für feuerbeständige und feuerhemmende Decke[n] zwischen eisernen Trägern sind Tragfähigkeitstafeln bi[s] zu 1400 kg/cm² Eisenbeanspruchung für den Hochbauer al[s] willkommene Hilfe vorhanden nebst vielen andern nütz[]lichen Dingen, z. B. eisernen Rahmen als Dachbinder u. derg[l.] Kurz, es handelt sich für den Eisenkonstrukteur und Eisen[]verbraucher in der neuen Auflage um ein ausgezeichnete[s] und voll auf der Höhe stehendes, unentbehrliches Hilfsbuch[,] das in jeder Hinsicht seinen Zweck erfüllt und besten[s] empfohlen werden kann.

[E 1723] Dr.-Ing. E. h. Karl Bernhard

Teichbau und Teichwirtschaft. Von A. Kreuz. Neudam[m] 1928, J. Neumann. 194 S. m. 131 Abb. Preis 12 *RM*.

Der Verfasser spricht aus einer langjährigen Erfahrun[g] bei der Bewirtschaftung von ländlichen Teichanlagen, Karp[]fenteichen und Forellen-Zuchtanstalten und behandelt in[]besondere ihre bautechnische Seite, wobei viele maßstäb[]liche Pläne und Bauzeichnungen beigegeben sind. Nac[h] kurzer Einleitung über die Teichfische, die Vorbereitunge[n] und Vorarbeiten, die wichtigsten einschlägigen Bestimmun[]gen aus dem Wasser- und Fischereirecht, werden Wasser[]menge und Verbrauch und die Bauausführung dieser An[]lagen besprochen. Daran schließt sich ein Abschnitt übe[r] Wirtschaftsbetrieb und Einträglichkeit, der vielen ein wert[]voller Wegweiser sein wird. Schließlich werden Buchfüh[]rung, Stadtabwasser-Verwertung in Fischteichen und Fische[]reischäden erörtert.

Man kann dem Geleitwort von Dr. Walter zustimmen, wenn er auf die Bedeutung des behandelten Gebietes für unser Wirtschaftsleben hinweist, wo doch die Ernährungsfrage und die stärkere Versorgung der Bevölkerung mit Fischen nach wie vor im Vordergrunde steht. Das Buch scheint besonders geeignet für den Lehrbetrieb an Wiesenbau- und Landwirtschaftsschulen. Aber auch für die betreffenden Studierenden der Hochschulen und den praktischen Landwirt und Kulturtechniker wird es ein Berater sein. [E 1727] Mt.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 305. H.: **Über die Festigkeit einwandiger kegeliger Kolben.** Von Hermann Tellers. Berlin 1928, VDI-Verlag. 30 S. m. 45 Abb. Preis 4,50 RM, für Mitglieder des V. d. I. 4 RM.

Werkstattbücher 34. H.: **Werkstoffprüfung.** (Metalle.) Von P. Riebensahm und L. Traeger. Berlin 1928, Julius Springer. 68 S. m. 92 Abb. Preis 1,80 RM.

Veröffentlichungen des Zentral-Verbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine. 4. Bd. Halle a. S. 1928, Selbstverlag. 123 S. m. 14 Abb. Preis 14,75 RM.

Berechnung der Dampfkessel, Feuerungen, Überhitzer und Vorwärmer. Von G. Lanyi. 5. Aufl. bearb. von Hch. Doevenspeck. Essen-Ruhr 1928, G. D. Baedeker. 270 S. m. Abb. Preis 7 RM.

Bilans thermiques. Von Georges Beaufaux. Charleroi 1928, Librairie de la Bourse J. Wattiaux. 197 S. m. Abb. Preis 40 Frs. belg.

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Herausgeg. von L. Graetz. 5. Bd. 3. Lfg.: S. 621 bis 896 (Schluß) m. Abb. 556 bis 836. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. Preis 22 RM.

Die Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage. Nach den Arbeiten des Institutes für Elektromaschinenbau und elektrische Anlagen dargestellt. Von Ludwig Binder. Berlin 1928, Julius Springer. 200 S. m. 257 Abb. Preis 23,50 RM.

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Begründet v. H. Wietz u. C. Erfurth. 29. Aufl. bearb. von Hugo Krieger und Hugo Sachs. 1. T.: Schwachstrom, 340 S. m. 294 Abb. Preis 4 RM. 2. T.: Starkstrom. 409 S. m. 249 Abb. Preis 4 RM. Preis 1. u. 2. Teil in einem Bande 7,50 RM. Leipzig 1928, Hachmeister & Thal.

Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Von N. Semenoff und Alexander Walther. Berlin 1928, Julius Springer. 168 S. m. 116 Abb. Preis 16,50 RM.

Niederschrift über die **Versuche mit dem Buchholz-Schutz** für Transformatoren mit und ohne Öl-Ausgleichgefäß, Schalter, Motoren usw. beim Großkraftwerk Borken (Hessen) der Preuß. Elektrizität Akt.-Ges., Abt. Kassel, 1928, Selbstverlag. 52 S. m. 17 Anl. Preis 2,50 RM.

Sammlung Göschen, 992. Bd.: **Wechselstrom-Kommutatormaschinen.** Von Karl Baudisch. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 104 S. m. 62 Abb. u. 12 Taf. Preis 1,50 RM.

Die synchronen Wechselstrommaschinen. Bearb. von Julius Kollert. Leipzig 1928, Oskar Leiner. 247 S. m. 200 Abb. Preis 12 RM.

Der augenblickliche Stand unserer Kenntnisse vom Leclanchéelement. Von R. Hüttner. Leipzig 1928, Hachmeister & Thal. 28 S. m. 2. Abb. Preis 1,60 RM.

Die Schweißung des Kupfers und seiner Legierungen Messing und Bronze. Von Hans A. Horn. Berlin 1928, Julius Springer. 102 S. m. 102 Abb. Preis 4,80 RM.

Grundlegende Werkstoff- und Arbeitskunde für Berufs-, Werk- und Fachschulen. Von Karl O. Hartmann. I. T.: Werkstoffkunde. Schülerausgabe, Stuttgart, Berlin, Leipzig 1928, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 170 S. m. 105 Abb. Preis 3,20 RM.

Leitfaden der Mechanik für Maschinenbauer. Von Karl Laudien. 2. H.: Hydraulik. Berlin 1928, Julius Springer. 46 S. m. 82 Abb. Preis 2,50 RM.

Mitteilungen des Deutschen Forschungsinstituts für Textilstoffe in Karlsruhe i. B. Herausgeg. von L. Ubbelohde. Jg. 1927. Karlsruhe 1928, Selbstverlag des Instituts. 61 S. m. Abb. Preis 35 RM.

Die amerikanische Gummiindustrie und ihre wissenschaftliche Arbeit. Von Ir. A. van Rossem. Ins Deutsche übertragen von Marianne Pieck. Berlin 1928, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 72 S. m. 7 Abb. Preis 4,80 RM.

Ledertreibriemen. Ihre Fabrikation, Prüfung und Behandlung. Von M. Rischmann. 3. Aufl. Berlin 1928, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 188 S. m. 180 Abb. Preis 14 RM.

Die Anstrichstoffe. Ein Auskunftsbuch über ihre Rohstoffe, Herstellung, Eigenheiten, Verwendung, Bezugsquellen usw. Von Gust. Plessow. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 228 S. Preis 15 RM.

Les matériaux de constructions civiles et des travaux publics. Tome I: **Les pierres naturelles et artificielles.** Par Edmond Marcotte. Paris 1928, Gauthier-Villars & Cie. 324 S. m. 82 Abb. Preis 40 Frs., Porto 3 Frs.

The Abravise Handbook. Comp. by Fred B. Jacobs. First Edition. Cleveland (Ohio, U. S. A.) und London 1928, The Penton Publishing Company. 547 S. m. Abb. Preis 1 £ 5 s. Eine ausführliche Besprechung erscheint demnächst in der Zeitschrift „Maschinenbau".

Der Wärmebedarf der Räume. Herausgeg. v. d. Heiztechnischen Zentrale d. Deutschen Ofensetzergewerbes München. 2. Aufl. Berlin 1926, Albert Lüdtke. 30 S. m. Abb. Preis 1,50 RM.

Die Wirtschaftlichkeit der Kachelofenheizung. 2. Aufl. Herausgeg. v. d. Heiztechnischen Zentrale des Deutschen Ofensetzergewerbes München. Berlin 1925. 23 S. m. 22 Abb. Preis 0,60 RM.

Reichs-Grundsätze für Kachelofen und Kachelherdbau. Herausgeg. vom Arbeitgeberverband für das Töpfer- und Ofensetzergewerbe Deutschlands. Berlin 1927, Albert Lüdtke. 32 S. m. Abb. Preis 1 RM.

Berichte der Aeromechanischen Versuchsanstalt in Wien. Herausgeg. von Richard Katzmayr. 1. Bd. 1. Lfg. Berlin 1928, Richard Carl Schmidt & Co. 76 S. m. 74 Abb. Preis 10 RM.

Luftschiff und Luftschiffahrt. Von Engberding. 2. Aufl. Berlin 1928, VDI-Verlag. 303 S. m. 133 Abb. u. Taf. Preis 7 RM, für Mitglieder des V. d. I. 6,30 RM.

Flugzeugbau und Luftfahrt, 8. H.: **Der Flugmotor.** Von W. Möller. 2. T.: Konstruktion. Berlin 1928, C. J. E. Volckmann, Nachf. 68 S. m. 55 Abb. Preis 2,50 RM.

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik, 27. Bd.: **Neuzeitliche Flugmotoren.** Von Hans Katz. Berlin 1928. Rich. Carl Schmidt & Co. 389 S. m. 390 Abb. Preis 25 RM.

Luftgefahr und Luftschutzmöglichkeiten in Deutschland. Herausgeg. von Dr. Dr. Krohne. Berlin 1928, Verlag Deutscher Luftschutz E. V. 83 S. Preis 2 RM.

Traité pratique de navigation aérienne. Par A. B. Duval et L. Hébrard. Paris 1928, Gauthier-Villars & Cie. 196 S. m. 123 Abb. Preis 30 Fr.

Das Deutsche Baugewerbe in der Sozial-Unfall-Versicherung. Herausgeg. vom Verband der Deutschen Baugewerks-Berufsgenossenschaften. Berlin-Wilmersdorf 1928. 123 S.

Göschens Lehrbücherei. 1. Gruppe. 11. Bd.: **Elliptische Funktionen.** Von Robert König und Maximilian Krafft. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 263 S. Preis 14,50 RM.

Urwissen von Kosmos und Erde. Von Gg. Hinzpeter. Leipzig 1928, R. Voigtländers Verlag. 225 S. m. 11 Abb. Preis 6 RM.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Reibungsversuche an Gleitlagern

Im obigen Aufsatz von G. Duffing in Z. Bd. 72 (1928) S. 499 findet sich am Ende einer Ableitung die Bemerkung, daß meine Exponentialformel über die Abhängigkeit der Zähigkeit vom Druck (Forschungsheft Nr. 291) keine Extrapolation zulasse. Es darf nicht übersehen werden, daß auch die Schmierfilmtheorie von Duffing noch Vernachlässigungen enthält. Duffing macht mit seinen gegen Bekanntes wesentlich verfeinerten Ansätzen den ersten veröffentlichten Versuch, die Einflüsse der veränderlichen Zähigkeit auf den Schmierfilm rechnerisch zu erfassen. Er kommt bei der Vereinigung seiner nur auf dem Newtonschen Grundsatz beruhenden Theorie mit meiner zunächst empirischen Formel[1]) für die Druckzähigkeit für Grenzfälle der Schmierfilmgestalt zu einem Paradoxon. Der Grund hierfür kann naturgemäß auch auf der hydrodynamischen Seite liegen, die außer dem Temperatureinfluß das Druckgefälle vernachlässigt, das senkrecht zur Strömungsrichtung herrscht. Für gewöhnliche Fälle bedeutungslos, können derartige rechnerische Vereinfachungen für praktisch nicht vorkommende

[1]) Vergl. W. Schmidt, Z. Bd. 71 (1927) S. 1127.

Grenzfälle bedenklich werden. Durch neue amerikanische Versuche ist mein Exponentialgesetz übrigens bis zu mehreren tausend Atmosphären bestätigt.

Vorstellungsgemäß ist auch nicht einzusehen, warum eine beliebige stetige Funktion für die Druckabhängigkeit $\eta = f(p)$, deren erster Differentialquotient zwischen $p = 0$ und $p = \infty$ immer positiv bleibt, zu physikalischen Unmöglichkeiten im Schmierfilm führen soll. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Frage bei weiterem Ausbau der Duffingschen Theorie aufklärt. Dr.-Ing. S. Kießkalt

Erwiderung

Der Einwand von Dr.-Ing. Kießkalt, daß der hydrodynamischen Theorie des Schmierfilms in der von Reynolds herstammenden Begründung Mängel anhaften, ist richtig. Diese Mängel haben mich zu einer strengen Untersuchung veranlaßt, die in Z. f. angew. Mathematik u. Mechanik Bd. 4 (1924) S. 296 ff. (und 14: Schlußbetrachtung) veröffentlicht ist.

Die Arbeit hat ergeben, daß die Reynoldsschen Formeln in erster Annäherung korrekt sind (Zähigkeit im ganzen Film als konstant vorausgesetzt), daß man also unbedenklich in diesem Fall die Änderung des Drucks senkrecht zur Strömungsrichtung vernachlässigen kann. Auch Kießkalt geht in seinen Ausführungen unter B. 3, Forschungsheft Nr. 291, von derselben Voraussetzung aus. Unmittelbar nach Kenntnisnahme von dieser Arbeit habe ich einige Schmierfilme durchgerechnet und bin auf den in Rede stehenden Widerspruch gestoßen.

Andere Annahmen, bei denen $\frac{\partial \eta}{\partial p}$ sich mit wachsendem p einer endlichen Grenze nähert, zeigten keinen Widerspruch. Abgesehen hiervon neige ich der Ansicht zu, daß, wenn auch η mit p über jeden Betrag wachsen sollte, doch $\frac{\partial \eta}{\partial p}$ sich einer endlichen Grenze nähert. Ich hoffe, auf diese außerordentlich wichtige Angelegenheit zurückzukommen, sobald mir Zeit für die umfangreiche Arbeit zur Verfügung steht.

Meine Absicht war, vor dem Schritt zu warnen, einem auf experimentellem Wege gefundenen Erfahrungsgesetz die unbeschränkte Giltigkeit eines Naturgesetzes beizulegen, ehe auf theoretisch-physikalischem Wege weitere Fortschritte in unserer Erkenntnis des Wesens der Flüssigkeiten erzielt sind. Der hohe Wert der Arbeit von Kießkalt wird hierdurch in keiner Weise angetastet. [D 1789]

Georg Duffing.

Die Steuerung dieselelektrischer Lokomotiven

Zu diesem Aufsatz von M. Süberkrüb in Z. Bd. 72 Heft 17 vom 28. April d. J. S. 557 muß ich einiges geschichtlich und sachlich richtigstellen. Beim Vergleich der Steuerung der russischen Diesellokomotive 001 mit der Steuerung von Lemp entsteht der Eindruck, als ob Lomonossoff eine recht unvollkommene Steuerung gewählt habe. In Wirklichkeit habe ich im Frühjahr 1922 d russische Diesellokomotive entworfen und dabei selbstv ständlich die Ward-Leonard-Schaltung gewählt. U eine feinere Regelung mit geringen Stromstärken zu e reichen, haben Brown, Boveri & Cie. als Lieferer der ele trischen Ausrüstung die von Süberkrüb beschriebene Frem erregung der Erregermaschine vorgeschlagen und au geführt. Ferner war Lomonossoff und mir von vornhere klar, daß der Dieselmotor nicht mit konstanter Drehzal sondern möglichst mit konstantem Drehmoment betrieb werden sollte, was die Brown-Boveri-Steuerung auch oh weiteres erlaubt. Der Dieselmotor ist nur mit einem Sich heitsregler versehen, der das Überschreiten einer bestim ten Höchstdrehzahl verhütet. Diese wurde, um das Durc fahren des kritischen Drehzahlbereiches des Dieselmoto auszuschließen, nachträglich auf etwa 330 U/min b schränkt. Daher rührt auch die Begrenzung der Leistu durch unzureichende Erregung schon bei etwa 30 km statt 40, wie ursprünglich beabsichtigt war.

Die Abbildungen 7 und 8 S. 562 können zwar re schematisch den Unterschied zwischen stetig veränderlich und Stufenregelung darstellen, treffen aber im vorliegend Fall gar nicht zu. Die Lokomotive 001 hat 26 Schaltstufe und deshalb sind sie so klein, daß praktisch ke Unterschied zwischen der Steuerung vo Brown, Boveri & Cie. und Lemp besteh Gegen die Steuerung von Lemp will ich nichts sagen, jedo schien es mir nötig, ihren schwarz gefärbten Hintergru etwas aufzuhellen.

Ferner muß Gl. (1) lauten:

$$\Phi_d = \frac{k_{1n}\,\Phi_m + J_m\,(r_a + r_e + R_a)}{n_d\,k_2}.$$

Es muß also + statt — heißen, was auch für die Gl chungen (2), (3) und (5) gilt. F. Meineke

Erwiderung

Bei der Steuerungsart der russischen dieselelektrisch Lokomotive wird die Drehzahl nach oben hin durch d Sicherheitsregler begrenzt. Sinkt jedoch die Drehzahl d Stromerzeugers infolge zu hohen Drehmomentes, dann muß d Erregung durch den Kontroller geändert werden, damit d Dieselmotor nicht stehen bleibt. In der Anfahrt ist pra tisch ein Steuern mit dem günstigsten mittleren Druck n dann möglich, wenn eine verwickelte mechanische Abhä gigkeit zwischen Brennstoffrad und Kontroller vorhand ist, wie sie bei der Lemp-Steuerung elektrisch errei wird.

Bei dem Beispiel, Abb. 7 und 8, sind 16 Stufen gewäh bei 26 Stufen würde wohl eine Verbesserung gegenüber d 16 Stufen, aber nicht die Schaulinie der Lemp-Steueru erreicht werden.

Bei den Formeln (1), (2), (3) und (5) muß d — Zeichen durch das + Zeichen ersetzt werden. Die B trachtungen des Aufsatzes werden hierdurch nicht bee flußt. [D 1741] Süberkrüb

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

3d. 72 SONNABEND, 11. AUGUST 1928 Nr. 32

Lichtbogenschweißung von Eisenkonstruktionen [1]

Von Ingenieur Karl Bung, Köln

Leiter des elektrischen Schweißlaboratoriums der Staatlichen Vereinigten Maschinenbauschulen, Köln

An der Hand eingehender Versuche wird die Möglichkeit der Herstellung von Eisenkonstruktionen mittels elektrischer Lichtbogenschweißung untersucht. Für die Verwendung von Rohren ergibt die elektrische Schweißung günstige Verbindungsmöglichkeiten. Einige Beispiele praktisch ausgeführter Schweißungen ergänzen die Ausführungen.

Als man die elektrische Lichtbogenschweißung in Deutschland einführte, wendete man sie hauptsächlich als Ausbesserschweißung, und zwar als ;uß-Kaltschweißung, an. Große Werte der Industrie nachte man so wieder nutzbar. Damals erwog man chon, ob es nicht möglich sei, Eisenkonstruktionen lektrisch zu schweißen. Grundsätzliche Versuche, die ch im Jahre 1920 vornahm, haben bezüglich der Festigeit die Anwendungsmöglichkeit erwiesen (vergl. Veruche von Dr. Neese [1a]); jedoch waren die Bedenken von llen Seiten so groß, daß man nur sehr zaghaft voranging, obwohl sich Gerüchte über die Anwendung der chweißung auf diesem Gebiet in Amerika usw. verreiteten. Zum Studium gerade dieser Frage hatte :h vor zwei Jahren eine Studienreise nach Schweden nd England unternommen und tatsächlich einen größeren 'ortschritt gegenüber der deutschen Schweißtechnik, 'enigstens auf diesem Gebiet, in Schweden und England 'stgestellt. Ob der Grund hierzu in behördlichen Be-;timmungen oder sonstwo lag, soll hier nicht unterıcht werden.

Auf jeden Fall sind aber gerade auf diesem Ge-iet in den letzten Jahren auch in Deutschland Fort-:hritte gemacht worden, daß wir uns dem Auslande ·genüber zum mindesten dicht auf den Fersen befinden ler infolge der allgemeinen Beachtung, die der Schweiß-chnik auch von den maßgebenden Stellen der Behörden ıtgegengebracht wird, auf dem besten Wege sind, uns it an die erste Stelle zu schieben. Da jedoch noch keine ;lgemeinen Erfahrungen auf diesem Sondergebiete vor-egen, und die Betriebe, die sich bereits damit be-:häftigt haben, wenig oder gar nichts über diesen neuen erstellungszweig veröffentlichen, sollen in diesem Auf-ıtz die grundsätzlichen Fragen, die für diese Fertigung Frage kommen, besprochen werden.

Anordnung der Schweißnähte im allgemeinen

Über die Festigkeit von Schweißnähten ist bereits so el geschrieben worden und werden in den meisten reisen so umfangreiche Erfahrungen vorliegen, daß es s allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann, daß estigkeiten der Schweiße von 100 vH des gesunden 'erkstoffes mit nicht allzu großen Schwierigkeiten er-icht werden. Weniger ist es jedoch bekannt, daß bei onstruktionen die Anordnung der Schweißnähte ıch in bezug auf die Art der Beanspruchung ıne wichtige Rolle spielt. So zeigen Abb. 1 bis 10 eine :ihe von Schweißverbindungen und deren Verhalten im Zerreißversuch. Abb. 1 zeigt zwei überlappt-;schweißte Flacheisen. Bei Belastung zeigt sich, daß ıne Verformung der Schweißverbindung derart eintritt, ıß sich die beiden Stäbe auf ihre neutrale Achse ein-

Abb. 1 bis 4 Bruch im Werkstoff. Lange Überlappung vermindert die Verformung und Nahtbeanspruchung.

Abb. 5 bis 7 Bruch in der Schweißnaht. Loslösen der Schweißraupe infolge von Verformung. Länge der Überlappung ohne Einfluß.

Abb. 8 und 9 Bruch der Quernaht. Erhöhte Beanspruchung bei ungleicher Dehnung.

Abb. 10 Bruch im Werkstoff. Gleichmäßige Beanspruchung aller Schweißnähte.

RZ 1225 Z 1-10

Abb. 1 bis 10 Verhalten von Schweißverbindungen beim Zerreißversuch.

stellen. Aus Abb. 4 geht deutlich hervor, daß die Verformung geringer wird, je größer man die Überlappung wählt. Eigenartig ist nur, daß diese Verformung keinen Einfluß auf die Festigkeit der gesamten Schweißverbindung hat. Wenn die beiden Nähte nur einigermaßen sorgsam geschweißt sind, wird eine derartige Verbindung nicht in der Naht, sondern immer nur im gesunden Baustoff reißen.

Anders verhält es sich allerdings, wenn man zwei Flacheisen verschiedener Breite aufeinanderschweißt und diese Schweißverbindung zu zerreißen versucht. Solche Verbindungen sind in Abb. 5, 7, 8 und 10 dargestellt. Man kann hier die beiden Flacheisen entweder durch Längsnähte oder Quernähte oder durch gleichzeitige Anwendung beider Verbindungsarten zusammenfügen. So wurde z. B., wie in Abb. 5 und 7 angedeutet, versucht, festzustellen, wie lang die Längsnähte sein müßten, um eine genügend starke Verbindung zu erreichen. In beiden Fällen trat wie im ersten Versuch bereits beschrieben, eine Verformung der Schweißverbindung auf. Jedoch konnte hier bei mehreren Versuchen immer ein Anreißen der Schweißnähte an der Seite des schwächeren Baustoffes festgestellt werden. Nachdem dieser Anriß erfolgt war, riß die Schweißnaht bei steigender Verformung nach und, wie klar ersichtlich ist, hatte die Länge der Naht keinen Einfluß auf die Festigkeit, da sie nach und nach durchriß.

Die Verbindung durch Quernähte, Abb. 8, ist bei verschieden breiten Flacheisen auch nicht die günstigste Lösung, da die beiden Nähte ungleichmäßig beansprucht

[1]) Mitteilung aus dem Fachausschuß für Schweißtechnik im Ver-(deutscher Ingenieure. Die Arbeiten werden vom Reichskurat. f. 'rtsch. mit Geldmitteln unterstützt.

[1a]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1125.

Zahlentafel 1

Vorbereitende Angaben zum Schweißen von Flußeisen

Blech-dicke	Art der Stoßverbindung	Erläuterung	Elektrode Dmr.	blank		umhüllt		Asbest ummantel	
			mm	V	A	V	A	V	A
1,5	0 mm	nicht abgeschrägte, sauber gescherte dicht zusammenstoßende Kanten	1	12 bis 14	30 bis 40	14 bis 16	30 bis 40	30 bis 32	30 bis 40
2	0,5 mm	nicht abgeschrägte, sauber gescherte Kanten mit 0,5 mm Zwischenraum	2	14 bis 16	40 bis 60	16 bis 18	40 bis 60	30 bis 32	40 bis 50
3	1 mm	nicht abgeschrägte, sauber gescherte Kanten mit 1 mm Zwischenraum	2	16 bis 18	60 bis 80	16 bis 18	60 bis 80	30 bis 32	50 bis 60
4 bis 6	70°, 1 mm	auf 70° gehobelte Kanten mit 1 mm Zwischenraum	3	16 bis 18	80 bis 100	18 bis 20	70 bis 90	28 bis 30	60 bis 70
6 bis 8	70°, 1 mm	auf 70° gehobelte Kanten mit 1 mm Zwischenraum	3	16 bis 18	100 bis 120	18 bis 20	90 bis 110	28 bis 30	70 bis 80
8 bis 10	70°, 1,5 mm	auf 70° gehobelte Kanten mit 1,5 mm Zwischenraum	4	17 bis 20	120 bis 140	18 bis 21	100 bis 120	28 bis 30	80 bis 90
10 bis 15	60°, 1,5 mm	auf 60° gehobelte Kanten mit 1,5 mm Zwischenraum	4	17 bis 20	140 bis 160	18 bis 21	120 bis 140	28 bis 30	90 bis 100
15 bis 20	60°, 2 mm	auf 60° gehobelte Kanten mit 2 mm Zwischenraum	5	17 bis 20	160 bis 180	18 bis 22	140 bis 160	27 bis 29	100 bis 130
20 bis 35	25, 70°, 20, 3	Kanten von geschweifter V-Form mit 3 mm Zwischenraum	6	18 bis 22	180 bis 220	20 bis 24	160 bis 200	26 bis 28	130 bis 160
über 35	60°, 3	X-förmige Schweißkanten auf 60° abgeschrägt mit 3 mm Zwischenraum	6	18 bis 22	180 bis 220	20 bis 24	160 bis 200	26 bis 28	130 bis 160

Elektrodenführung ① ② ③

werden. Man könnte sich vorstellen, daß sich bei Belastung dieser Verbindung beide Flacheisen zwischen der Überlappung dehnen. Die Dehnung im schwächeren Baustoff geht schneller vor sich. Infolgedessen wird auch die Naht, die auf der Seite des schwächeren Werkstoffes liegt, den größten Teil der Last aufzunehmen haben. Ein entsprechender Versuch hat gezeigt, daß tatsächlich diese Naht zuerst riß; die andere Naht hielt noch etwa 5 t bei einer Bruchlast von etwa 12 t.

Abb. 10 zeigt eine Verbindung, wie man sie sich als günstigste dieser Art vorstellen könnte. Sie besteht aus zwei Längsnähten und einer Quernaht am schwächeren Baustoff. Durch die beiden Längsnähte wird eine möglichst gleichmäßige Kraftübertragung und gleichmäßige Beanspruchung der Schweißnähte erreicht. Die Quernaht hat, abgesehen davon, daß sie auch no mitträgt, den Zweck, ein Loslösen (Anreißen) der Läng nähte zu verhindern.

Für das Gelingen einer Schweißnaht ist selbstve ständlich auch die richtige Wahl von Stromstärke u Spannung entsprechend der gewählten Elektrodenso maßgebend. Die Vorbereitung der Schweißnähte b Stoßverbindungen sowie die notwendigen Stromstärk und Spannungen sind in Zahlentafel 1 auf Grund d neuesten Erfahrungen angegeben.

In Zahlentafel 2 ist angegeben, wie hoch man zwec mäßig Schweißverbindungen belastet. Gleichzeitig i eine Formel angeführt, nach der sich die Festigkeit v Schweißnähten bei Eisenkonstruktionen berechnen läß Die Sicherheit ist hier fünffach angenommen, so daß si

Zahlentafel 2
Berechnung der Schweißverbindung

I-Naht, V-Naht, X-Naht	Festigkeit = 70 bis 80 vH des Werkstoffes
$b = 3$ bis $5\,d$; Kehlnähte: Überlappung; $b = (3$ bis $5)\frac{d_1+d_2}{2}$; Laschenstoß; Doppellaschenstoß; Winkelverbindung; T-Verbindung; $l = l_1 + l_2$	Es bedeutet: P = übertragene Kraft in kg, d = Werkstoffdicke in cm, l = die Summe der geschweißten Längen in cm. Dann ist: $P = 400\,d\,l$. Organisch zusammengehörige Schweißnähte, wie X-Nähte, die zweiseitige Naht der Winkelverbindung, werden in bezug auf die Länge einfach gerechnet.
reine Stumpfschweißung; Abbrenn-Verfahren	Festigkeit = 100 vH des Werkstoffes

ine Zugbeanspruchung von 20 kg/mm² für die Schweiße er-
ibt. Man müßte also mit der Formel immer auch in den
ngünstigsten Fällen auskommen. Diese Formel ist auf
einen Erfahrungswerten aufgebaut und hat sich mehr-
ach bewährt.

Vergleichsversuche an genieteten und geschweißten Trägern

Um nun zu untersuchen, wie sich solche geschweißten
erbindungen in ganzen Systemen verhalten, wurden
inige Versuchsbinder hergestellt, und zwar vorerst je
in 4 t-Fachwerkträger aus Doppelwinkeln genietet und
eschweißt, Abb. 11 bis 13. Die Binder waren für eine
ierfache Sicherheit bestimmt; berechnet waren eigent-
ich nur die Niet- oder die Schweißverbindungen, die
tzteren nach der oben angeführten Formel. Die Profile
ußten wenigstens mit rd. 5 mm Werkstoffdicke wegen der
erschweißbarkeit gewählt werden, so daß sie reichlich
berbemessen waren und der Träger unbedingt in der Niet-
der Schweißverbindung brechen mußte. Bei diesen
leinen Versuchsbindern, die eigentlich in bezug auf die
Vahl der Profile in keinem Verhältnis zu praktisch aus-
eführten Konstruktionen stehen, wurde bereits eine Ge-
ichtsersparnis von 17 vH für die geschweißten Binder
stgestellt.

Die beiden Binder wurden nun auf einer Biege-
aschine belastet. Ein Schaubild der Durchbiegung in
m in Abhängigkeit von der Belastung in t zeigt Abb. 14.
er geschweißte Binder hat besser gehalten als der ge-
ietete. Bei den Kurven *a* und *b*, Abb. 14, kann man fest-
ellen, daß die Proportionalitätsgrenze, d. h. der gleich-
äßige Verlauf der Durchbiegung, in Abhängigkeit von
er Belastung, bei dem geschweißten Binder erst viel
päter erreicht wurde als bei dem genieteten Binder. Bei

RZ 1225 Z 11÷13

Abb. 11 bis 13
4 t-Fachwerkträger aus Doppelwinkeln genietet und geschweißt.

dem genieteten Binder wurde die Grenze bei 8 t überschritten, während der geschweißte Binder seine Proportionalitätsgrenze erst bei 10 t erreicht hatte. Darüber hinaus ist der Verlauf der Durchbiegung nicht mehr geradlinig; die Kurve beginnt stärker nach oben anzusteigen. Die beiden Binder sind nicht gebrochen, da sich beide wegen der fehlenden Versteifung seitlich ausbogen. Das genietete Fachwerk bog sich bei einer Belastung von 15 t und einer Durchbiegung von 11 mm aus, während der geschweißte Binder bei dieser Belastung erst eine Durchbiegung von 6,2 mm hatte. Der geschweißte Binder bog sich erst bei 18 t Belastung und einer Durchbiegung von 9 mm aus. Die Proportionalitätsgrenze bei dem geschweißten Binder wurde also erst viel später als bei dem genieteten Binder erreicht. Da die Durchbiegung sich auf das ganze System bezog, ist anzunehmen, daß bei dem genieteten Binder der Werkstoff stellenweise überaus stark beansprucht wurde. Das Fließen des ganzen Systems trat daher früher ein. Dies deutet unbedingt darauf hin, daß die Kraftübertragung bei geschweißten Verbindungen entschieden günstiger ist als bei genieteten. Die beiden Fachwerke nach der Belastung zeigen Abb. 15 und 16. Besonders zu bemerken ist noch, daß der geschweißte Binder von einem Schweißer hergestellt wurde, der noch nie solche Konstruktionen geschweißt hatte.

Geschweißte Rohrkonstruktionen

Die Verwendung von Rohren in der Eisenkonstruktion ist schon lange das Ziel der Konstrukteure, und zwar aus dem Grunde, weil sich hier beim geringsten Baustoffaufwand die günstigsten Festigkeitsverhältnisse ergeben. Schwierigkeiten bot nur die Art und Weise der Verbindung der Rohre. Umfangreiche Untersuchungen, die von verschiedenen Seiten angestellt worden sind, haben bei Verbindungen, die aus Stahlguß oder Preßteilen mittels Schrauben hergestellt waren, bereits vor dem Kriege bei den hohen Rohrpreisen ergeben, daß solche Konstruktionen besonders bei Überseelieferungen nicht

RZ 1225 Z 14

Abb. 14
Biegeversuch an einem genieteten und einem geschweißten Fachwerkträger, Abb. 11 bis 13.

a genieteter Fachwerkträger *b* geschweißter Fachwerkträger *c* Rohrkonstruktion, geschweißt

Abb. 15
Genieteter Binder nach der Belastung.

Abb. 16
Geschweißter Binder nach der Belastung.

teurer würden als genietete. Da man hierbei keine besonderen Vorteile erreichte, ist man, abgesehen von einzelnen Fällen, wieder davon abgekommen.

In der elektrischen Schweißung ist nun eine Verbindungsmöglichkeit gegeben, die die Verwendung von Rohren als Konstruktionsbaustoff möglich macht.

Um dies zu untersuchen, wurde ein gleiches Fachwerk in Rohren ausgeführt, Abb. 17 bis 19, wobei die Verbindungsstellen geschweißt waren. Die Konstruktion der Knotenpunkte ist unter Verwendung von Knotenblechen derart gelöst, daß man diese mittels einer Schelle auf das Rohr aufschweißte. Die Stäbe selbst wurden geschlitzt und auf die Knotenbleche gesteckt und rundherum verschweißt. Die Rohrkonstruktion wiegt etwa die Hälfte des genieteten Fachwerks. Während bei dem genieteten Binder, wie schon gesagt, für das Winkeleisen das kleinstmögliche Profileisen genommen wurde, wurde der Rohrbinder genau berechnet. Dieser Umstand ist bei der Gewichtbestimmung sowie auch bei der Belastung zu berücksichtigen.

Das Schaubild der Durchbiegung in Abhängigkeit von der Belastung ist in Abb. 14 (Kurve *c*) eingetragen. Aus dieser Darstellung ist ohne weiteres die unbedingte Überlegenheit der Rohrkonstruktion zu ersehen. Die Proportionalitätsgrenze des ganzen Systems wurde erst bei 14 t gegenüber 8 und 10 t bei den übrigen Bindern erreicht. Bemerkenswert und eigentlich auch selbstverständlich ist der Umstand, daß das Fließen bei allen Bindern bei einer Durchbiegung von etwa 4 mm eintrat. Der Umstand, daß bei der Rohrkonstruktion das Fließen schneller vonstatten ging, zeugt von einer äußerst günstigen Werkstoffausnutzung. Die Kraftübertragung an den Knotenpunkten kan[n] man geradezu als vorbildlich bezeichnen. Füllstücke, di[e] an den Belastungspunkten in die Rohre hineingesteck[t] wurden, um ein Eindrücken der Rohre zu vermeiden, konn[-]ten nach dem Versuch ohne weiteres wieder entfernt wer[-]den; ein Zeichen, daß der Rohrquerschnitt unbeschädig[t] erhalten blieb. Besonders bemerkenswert ist noch, daß ei[n] Ausbiegen trotz fehlender Versteifung nicht stattfand. De[r] Höchstwert der erreichten Durchbiegung betrug rd. 10 mm. Nach Entlastung ging der Binder wieder um 4 mm zurück, ein Zeichen für die hohe Elastizität der Konstruktion.

Abb. 17 und 18
4 t-Fachwerkträger, aus Rohr geschweißt. Knotenpunktkonstruktion.

Abb. 19
Aus Rohr geschweißter 4 t-Fachwerkträger.

Der Binder wurde als Versuchsbinder gebaut; fü[r] praktisch auszuführende Konstruktionen würde man di[e] Knotenverbindungen zweckmäßig anders wählen. Ma[n] müßte vor allen Dingen dafür sorgen, daß die Öffnunge[n] an den Enden der Rohre wegfallen; dies könnte man durc[h] Schweißen erreichen. Einfacher wäre allerdings die Lö[-]sung, die Rohrenden flach zu drücken und auf die Knoten[-]bleche aufzulegen und zu umschweißen. Einen so ge[-]schweißten Knotenpunkt eines 10 m langen und 2 m hohe[n] Binders zeigt Abb. 20. Noch eine ganze Reihe von ander[n] Lösungen ist möglich, die sich bei der praktischen Aus[-]führung solcher Konstruktionen sehr wahrscheinlich er[-]geben. Nach dem Schweißen konnte man feststellen, da[ß] sich das Fachwerk nicht im geringsten verzogen hatte.

Durch das ganz hervorragende Ergebnis dieser Ver[-]suche hat sich herausgestellt, wie gut die elektrisch[e] Schweißung für Eisenkonstruktionen geeignet ist. Beson[-]ders das Ergebnis aus der Rohrkonstruktion ist als ein[-]zigartig zu bezeichnen. Über die Gewichtsersparnis be[i] Verwendung von Rohren als Konstruktionsteile gib[t] z. B. Zahlentafel 3 Aufschluß. In der Zahlentafel sin[d] Rohre, Doppelwinkel und Einfachwinkel für gleiche Träg[-]heitsmomente zusammengestellt. Die Gewichtsersparniss[e] wachsen noch mit der Größe des Rohrdurchmessers. S[o] ergibt sich z. B. bei Verwendung eines Rohres von 150 mm Durchmesser gegenüber einem Einfachwinkel vo[n] 160/19 mm eine Gewichtsersparnis von etwa 60 vH.

Zahlentafel 3
Gewichtsvergleich bei Rohren und Profileisen als Konstruktionsteile

◎ Rohr			Doppelwinkel			Einfacher Winkel			Gewichtsersparnis bei Rohren gegenüber	
Dmr. mm	Trägheitsmoment J cm⁴	Gewicht kg/m	Abmessung mm	J cm⁴	G kg/m	Abmessung mm	J cm⁴	G kg/m	Doppelwinkel vH	einfachem Winkel vH
80	66	7,6	60/6	72	12	90/11	57	14,8	36,7	48,7
100	140	9,7	70/7	134	16	120/11	140	20	39,4	51,6
120	300	12,1	90/9	368	26	140/15	298	31,4	53,6	61.6
150	600	18,2	100/10	560	33	160/19	558	45	45	59,6

Abb. 20 Geschweißter Knotenpunkt eines 10 m langen und 2 m hohen Binders in Rohrkonstruktion mit flach gedrückten Rohrenden.

Um einen Überblick über die Gewichtsersparnis in inem praktischen Beispiel zu geben, wurde ein genieteter Parallelträger durchgerechnet und durch verschiedenartig eschweißte Konstruktionen ersetzt. Den genieteten Träger zeigt Abb. 21, einen Knotenpunkt Abb. 22. Drei erschiedene ausgeführte Schweißverbindungen sind damit erglichen: Doppelwinkel mit Knotenblechen, Abb. 23, T-Profil ohne Knotenbleche, Abb. 24, und Rohre, Abb. 25. Die größte Gewichtsersparnis ergab sich bei dem Rohrträger zu etwa 30 vH, wobei die Profile noch recht ungünstig gewählt werden mußten.

Beispiele geschweißter Konstruktionen

Will man jetzt die elektrische Lichtbogenschweißung ei der Herstellung von Eisenkonstruktionen, Kesseln, Rohrleitungen, Behältern usw. anwenden, so ist es keinesalls angängig, bisher genietete Konstruktionen einfach chweißen zu wollen. Im Gegenteil, die Verbindungen estalten sich, wenn sie für die Schweißung richtig angerdnet werden, wesentlich einfacher. Es soll, abgesehen on Naht-Stumpfschweißungen, möglichst vermieden wern, die Werkstücke mechanisch zum Schweißen vorzureiten. Im allgemeinen ist anzustreben, durch entsprechende Anordnung der zu verbindenden Stücke natürliche Schweißkanten zu schaffen. Besondere Schwierigkeiten wird es bereiten, ohne besondere Hilfsmittel, die einzelnen Stücke so hinzubekommen, wie sie verschweißt werden sollen. Verschiedenartig durchgebildete Schraubzwingen erleichtern hier sehr die Arbeit. Durch gut durchdachte Hilfsvorrichtungen kann man dem Schweißer die Arbeit erleichtern und die Arbeitsweise vorschreiben.

Im Nachstehenden sollen nun einige Beispiele von geschweißten Konstruktionen herausgegriffen werden. Ähnliche Stücke wurden bereits tatsächlich ausgeführt.

Abb. 26 bis 28 zeigen einen Behälter aus rostfreiem Werkstoff. Der Behälter selbst wurde mit Elektroden aus rostfreiem Baustoff, die man handelsmäßig beziehen kann, zusammengeschweißt. Am Rande des Behälters hat man den rostfreien Werkstoff über das nicht rostfreie Winkeleisen gebördelt. Bei der ersten Ausführung, Abb. 29, ließ man das Blech nicht bis zum Rande des Winkeleisens gehen; man schuf also eine natürliche Schweißkehle. Die untere Naht, die zur Befestigung des Winkeleisens dient, ist unterbrochen oder absatzweise geschweißt. Bei der zweiten Ausführung, Abb. 30, ist das rostfreie Blech über den wagerecht liegenden Schenkel des Winkeleisens hinübergezogen. Diese Ausführung ist teurer, hat aber den Vorteil, daß der ganze Rand aus glattem rostfreien Werkstoff besteht.

Einen geschweißten Ölbehälter mit Arbeitsvorrichtungen zeigen Abb. 31 bis 44. Die größten Schwierigkeiten treten beim Schweißen der Seitenwand auf. Bei verhältnismäßig dünnen Blechen, etwa bis 10 mm, kann man sich leicht mit Schraubzwingen, Abb. 40, helfen. Eine andre Art der Herstellung zeigen Abb. 41 bis 44. Wenn man die ersten Platten fest hat, kann man die nächsten Platten mittels eines Hilfsanschlages *a* und eines Z-Hakens *b* befestigen. Der Hilfsanschlag wird durch eine leichte Schweißnaht angeheftet und die neu zu befestigende Platte in den Hilfsanschlag und den Z-Haken hineingehängt. Ein Keil *c* dient am Z-Haken dazu, die Platte leicht in ihre richtige Lage zu bringen. Andre Möglichkeiten, die Seitenplatten zu befestigen, sind in Abb. 35 bis 39 dargestellt. Abgesehen von einer V-Naht sind auch einige Laschenschweißungen angedeutet. Die zu ziehenden Schweißnähte sind der Reihe nach nummeriert. An die bereits vorhandene Platte wird zuerst eine Lasche angeschweißt, die zum Befestigen der nächsten Platte mit einigen Löchern versehen ist. Die nächste Platte wird dann hier angeschraubt und verschweißt. Nach dem Ver-

Abb. 21 und 22 Träger und Knotenpunkt eines zum Vergleich herangezogenen Parallelträgers.

Abb. 23 bis 25 Geschweißte Parallelträger.

Abb. 23 Profileisen mit Knotenblech, Gewichtsersparnis 20 vH.

Abb. 24 Profileisen ohne Knotenblech, Gewichtsersparnis 25 vH.

Abb. 25 Rohrkonstruktion mit Knotenblech, Gewichtsersparnis 30 vH.

Abb. 26 bis 28 Behälter aus rostfreiem Stahl.

Naht *A* je nach Blechdicke: gebördelt, I- oder V-Stoß.

Abb. 29 Erste Ausführung des Randes *B*, Abb. 26 bis 28.

Abb. 30 (rechts) Zweite Ausführung des Randes.

Abb. 31 bis 39
Geschweißter Ölbehälter mit Einzelheiten.

Abb. 31
Für die Schweißnähte im Boden und Dach vergl. die Vorschläge, Abb. 35 bis 39.

Abb. 32 bis 34
Einzelheiten zu Abb. 31.

Abb. 37
Verschweißen des Füllstückes.

Abb. 35
Längsnaht der Seitenwand, als V-Naht ausgebildet.
Abb. 36
Längsnaht der Seitenwand mit Lasche.
Abb. 38
Abgeänderte Ausführung von D_1.
Abb. 39
Abgeänderte Ausführung von D_1.
a Füllstücke

Abb. 40 (links)
Schraubzwinge zum Heften der Bleche für den Ölbehälter, Abb. 31.

Abb. 41 bis 44
Vorrichtung zum Anbringen der Seitenplatten des Ölbehälters.
a Hilfsanschlag für die Seitenplatte
b Z-Stück mit Keil *c* zum Halten der Seitenplatte

Abb. 50 und 51
Schweißvorrichtungen für die Gasleitung. Abb. 45 bis 49.

Abb. 45 bis 49
Geschweißte Gasrohrleitung.

schweißen können die Schrauben entfernt werden und die Löcher werden mit Füllstücken *a*, Abb. 37, verschlossen und verschweißt. Einige weitere Lösungen des Schweißens sind angegeben, Abb. 32 bis 34.

Eine besonders bemerkenswerte Schweißarbeit, ei geschweißte Gasrohrleitung mit den benutzten Schweißvo richtungen, ist in Abb. 45 bis 49 dargestellt. Die Roh wurden aus Blechtafeln an Ort und Stelle gebogen. Zu Schweißen der Längsnähte wurden Vorrichtungen, Abb. und 51, benutzt. Durch je zwei Spreizen und Spannrin wurden die Rohre in ihre richtige Lage gebracht. D Spreizringe sind an einer Stelle unterbrochen und übe lascht. Diese Unterbrechung dient dazu, ein T-Eisen, d an beiden Enden vom Steg befreit ist, mit seiner Flansc seite an das innere Rohr zu drücken, so daß das T-Eis als Unterlage für die Schweißnaht dient. Denn bei de verhältnismäßig dünnen Blech von 4 mm kann es sor leicht vorkommen, daß der Schweißer mit dem Lichtbog Löcher in das Rohr brennt. Die einzelnen Rohrschüs wurden durch Überlappung verbunden. Flanschen wu den aus Winkeleisen gebogen und verschweißt. D Flanschen schweißte man an die Rohre derart an, da man die Vorderkante des Flansches etwa um Blechbrei über das Rohr vorstehen ließ. Hierdurch wurde wied eine natürliche Schweißkehle geschaffen.

Die Konstruktion eines geschweißten Dachbinders zo gen Abb. 52 bis 54. Der Binder ist aus Winkeleisen un Flacheisen mittels Knotenblechen zusammengeschweiß Futterstücke und Knotenbleche ließ man zur Schaffu von Schweißkehlen etwas gegen die Kanten der Profi zurückstehen. Da, wo die Zug- oder Druckstäbe nic doppelt angeordnet sind, ist am Rande des Knotenblech eine Schweißnaht angeordnet, die gegen das Loslös

Abb. 52 bis 54
Geschweißter Dachbinder nebst Einzelheiten.

sichern soll. Diese Konstruktion würde sich auch ohne weiteres als Rohrkonstruktion mit Knotenblechen durchführen lassen, wobei man der Billigkeit wegen auch die Zugstäbe aus Flacheisen machen könnte.

Wirtschaftlichkeit

Abgesehen von der technischen Möglichkeit, Eisenkonstruktionen zu schweißen, wird die Wirtschaftlichkeit der Herstellung wohl die Hauptfrage für die Einführung sein. Bezüglich der Gewichte wurden bisher erhebliche Ersparnisse nicht nur bei Rohrkonstruktionen, sondern auch bei geschweißten Profilkonstruktionen nachgewiesen. Bei der Betrachtung über die Wirtschaftlichkeit sind aber nicht nur das Gewicht, sondern auch der Werkstoffpreis und die Herstellkosten maßgebend. Legt man eine einfache, aber ziemlich genaue Rechnungsart, wie sie der Eisenkonstruktionsfachmann anwendet, zugrunde und bestimmt einmal roh die Selbstkosten z. B. für die nach Abb. 21 bis 25 genieteten und geschweißten Parallelträger, so erhält man folgende Ergebnisse:

1. Träger genietet:

Preis für 100 kg Baustoff: Winkeleisen u. Bleche	15 RM
Löhne für 100 kg bei einem Stundenlohn von 1 RM	6 „
Allgemeine Unkosten 150 vH	9 „
Preis für 100 kg	30 RM
Binder, insgesamt 1645 kg	495 RM

2. Träger aus Profileisen geschweißt:

Preis für 100 kg Baustoff	15 RM
Löhne für 100 kg bei einem Stundenlohn von 1 RM	4,50 „
Allgemeine Unkosten	6,75 „
Preis für 100 kg	26,25 RM
Binder, insgesamt 1300 kg	340,— RM

Die Annahme der Löhne von 6 RM bei der genieteten und 4,50 RM für 100 kg Baustoff bei der geschweißten Konstruktion sind Werte, die sich erfahrungsgemäß ergeben haben und auch leicht durch Nachrechnen bestimmt werden können. Bei der geschweißten Konstruktion ergibt sich also gegenüber der genieteten in der Herstellung in diesem besonderen Fall eine Ersparnis von etwa 30 vH, eine Zahl, die heute fast allgemein bekannt ist und in günstig gelegenen Fällen erheblich überschritten werden kann.

Etwas anders gestalten sich allerdings die Verhältnisse bei dem geschweißten Rohrträger. Die Löhne kann man auch mit 4,50 RM für 100 kg Baustoff einsetzen. In bezug auf die Löhne würde sich nun ohne weiteres infolge der großen Gewichtsersparnis eine Verbilligung des Trägers ergeben, wenn die Rohrpreise sich im Rahmen der Preise für Profileisen halten würden. Da für Rohre nicht ohne weiteres der Preis für 1 kg anzugeben ist, müßte von Fall zu Fall die Wirtschaftlichkeit bestimmt werden.

Es würden also für die Verwendung von Rohren nur noch die Rohrpreise selbst für die Wirtschaftlichkeit maßgebend sein. Abgesehen vom Rohrpreis wird allerdings bei der Ausfuhr die Gewichtsersparnis bei der Fracht und bei den Zollkosten eine wesentliche Rolle spielen. Auf jeden Fall ist durch die Schweißung bei Rohrkonstruktionen eine einwandfreie Verbindung gewährleistet, während früher mancher Konstrukteur abgehalten worden ist, Rohre zu verwenden, da als einziges Verbindungselement nur die Schelle in Betracht kam.

Eine weitere erhebliche Ersparnis an Zeit kommt bei der Schweißung dadurch zustande, daß gerade in den heutigen Fabrikationsbetrieben die Arbeitsplätze wieder schnell für andre Arbeiten freiwerden und infolgedessen das Betriebskapital wiederum häufiger durch den Betrieb wandern kann. Zu erwarten ist, daß in der nächsten Zukunft die elektrische Schweißung immer mehr Eingang in den Eisenbau findet. Hierzu Anregung zu geben, soll der Zweck dieser Ausführungen sein. [B 1225]

Staatliche Unterstützung der englischen zivilen Luftfahrt

Die Imperial Airways Ltd., die in England die zivile Luftfahrt durchführt, wird laut Abkommen vom Mai 1924, erneut bestätigt im Dezember 1925 und im Oktober 1926, mit Staatsgeldern unterstützt. In diesen Tagen hat nun der englische Luftfahrtminister ein neues Abkommen getroffen, das am 1. April 1929 in Kraft tritt und sich auf die nächsten zehn Jahre erstreckt. In den ersten beiden Jahren wird die Höchstsumme der staatlichen Unterstützung 6,7 Mill. RM (335 000 £), in den nächsten vier Jahren 6,2 Mill. RM und in den verbleibenden vier Jahren 4,4, 3,4, 2,4 und 1,4 Mill. RM betragen.

Die Luftverkehrsgesellschaft verpflichtet sich hierfür, daß die Flugzeuge jährlich auf dem bestehenden und noch auszubauenden europäischen Streckennetz 680 Mill. PSkm leisten. Außerdem soll wöchentlich einmal, später zweimal die Strecke England – Ägypten durchflogen werden. Zu diesem Zweck stehen zwei dreimotorige Ganzmetall-Verkehrsflugboote der Firma Short Brothers, Ltd., Rochester, Baumuster Calcutta[1]), zur Verfügung. („The Engineer" 20. Juli 1928 S. 55) [N 1884] Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 11 S. 385.

Richard Baumann †

Am 20. Juni 1928 verschied Richard Baumann, ordentlicher Professor der Technischen Hochschule Stuttgart, Vorstand der Materialprüfungsanstalt, Dr.-Ing. ehrenhalber der Technischen Hochschule Darmstadt, erst 48 Jahre alt. Ein bedeutender Ingenieur, ein Mann mit großen Geistesgaben, mit der Willenskraft, die wir an führenden Ingenieuren schätzen, unentwegt und allzeit für die ihm anvertraute Sache, für die an ihn herantretenden Aufgaben arbeitend, als Lehrer hochgeachtet, ist von uns gegangen. Eine schwere Krankheit hinderte ihn schon längere Zeit an der Ausübung des Berufes, für den er sich, ohne Rücksicht auf sich selbst, voll eingesetzt hat.

Richard Baumann hat an der Technischen Hochschule Stuttgart Maschineningenieurwesen studiert, er war von 1903 bis 1924 Mitarbeiter von Staatsrat Prof. Dr.-Ing. C. v. Bach, dann dessen Nachfolger. Baumann ist bald mit bedeutenden eigenen Arbeiten hervorgetreten. Schon seine Habilitationsschrift „Die Festigkeitseigenschaften der Metalle in Wärme und Kälte“ war eine verdienstvolle Arbeit, die noch heute gute Dienste leistet. Er hat frühzeitig die Metallographie als Hilfsmittel für die Feststellung der Ursachen von Schäden und Unfällen herangezogen und diesen Zweig der Materialprüfung mit dem ihm eigenen Geschick und Scharfsinn gepflegt und entwickelt. Das inhaltreiche Buch „Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien“ zeugt von dem Erfolg dieser Arbeit. Die Erkenntnis über die Eigenschaften der Kesselbaustoffe, ihre Veränderlichkeit infolge der Vorgänge bei der Verarbeitung und infolge der Einwirkungen des Betriebes haben eine seltene und reiche Vertiefung erfahren.

Wer die Eigenart seiner Arbeit verfolgen will, sei u. a. auf die Untersuchungen mit Nietverbindungen verwiesen, die im Heft 252 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens veröffentlicht sind. Der deutsche Kesselbau hat durch die Forschungen Baumanns überaus wertvolle Anregungen erhalten. Auf diesem Sondergebiet ist sein Rat sowohl von den Kesselherstellern als auch vo den Männern des Kesselbetriebes und der Kesselübe wachung sehr oft gesucht worden. Dem Deutschen Damp kesselausschuß hat er umfassende Arbeiten vorgelegt, d nur mit seiner reichen Erfahrung möglich waren.

In Baumann lag ein reger Geist; seine Arbeit ga weiten Gebieten der Technik. In jüngeren Jahren, a Privatdozent, trug er über die Elastizität und Festigke von Eisenbeton vor. Dan lehrte er die Maschinening nieure Elastizitätslehre aus de Erlebnissen heraus, die ihm b der Klarstellung von Schade fällen begegneten und die ih veranlaßten, zeichnerische un rechnerische Hilfsmittel zu en wickeln, die wohl von manche seiner Schüler dankbar benut werden. In dem Buch unser Meisters Bach „Elastizit und Festigkeit“ hat Bauman wichtige eigene Abschnitte g schaffen.

Richard Baumann
geb. 24. Oktober 1879, gest. 20. Juni 1928

Der Erforschung der Festi keitseigenschaften der Hölze vornehmlich der Hölzer de Flugzeugbaues, hat sich Ba mann mit besonderer Liebe g widmet; sein zusammenfasse der Bericht im Heft 231 de Forschungsarbeiten auf de Gebiete des Ingenieurwesen zeugt von einer außerordent lichen Hingabe an diese Sach und einer erfolgreichen Arbei

In zahlreichen Veröffent lichungen, insbesondere auc in dieser Zeitschrift, und viele öffentlichen Vorträgen ha Baumann über die Ergebniss seiner rastlosen Tätigkeit be richtet; sie bilden jetzt da Denkmal vom Schaffen eine bedeutenden Mannes, das noch lange nachwirken wird

Im Namen unseres Württembergischen Bezirksverein hat der Vorsitzende dem Entschlafenen am Grabe warm Worte des Gedenkens gewidmet. Richard Baumann ha dem Vorstand dieses Bezirksvereins sechs Jahre al Schriftführer, dann zwei Jahre als Vorsitzender un schließlich als stellvertretender Vorsitzender angehört.

[P 1832] O. Graf.

Württembergischer Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure

B. Fein.

Kesselbaustoffe für hohe Betriebstemperaturen

Dipl.-Ing. Proemper und Dr.-Ing. Pohl berichten im „Archiv für das Eisenhüttenwesen“ [Bd. 1 (1928) S. 785] über Versuche, die das Borsigwerk seit 1925 mit neuartigen niedriggekohlten, legierten Flußstählen angestellt hat. Niedriggekohlte Vanadin- und Molybdänstähle ergaben bei höheren Temperaturen (500°) um etwa 70 bis 100 vH höhere Streckgrenzen als unlegierter Stahl von gleicher Schweißbarkeit in der Wassergasflamme. Auch bei Warmzerreißversuchen bei gleichbleibenden Belastungen und Temperaturen waren diese Sonderstähle unlegiertem Stahl von gleicher Schweißgüte um etwa 100 vH überlegen. In bezug auf Schweißbarkeit in der Wassergasflamme und Warm- und Kaltbearbeitbarkeit entsprechen die Sonderstähle dem unlegierten Flußstahl von gleichem Kohlenstoffgehalt. Bleche, bei deren Herstellung die Widerstandsfähigkeit gegen das Altern berücksichtigt worden war, zeigten ein hohe Unempfindlichkeit gegen künstliche Alterung. Di Untersuchungen über die Rostbeständigkeit sind noch nich abgeschlossen, die Ergebnisse deuten aber schon jetzt au eine besondere Widerstandsfähigkeit von Vanadinstahl hin Wegen dieser guten Eigenschaften sind die Sonderstähl vorzügliche Kessel- und Behälterbaustoffe, sie eignen sic für Bleche, Rohre und für Stahlguß. Besondere Vorteil gegenüber dem unlegierten Stahl von gleicher Schweißgüt sind: die infolge der höheren Festigkeit bei höheren Tempe raturen zulässige Verringerung der Wanddicke um 35 bi 40 vH, die entsprechende Gewichtersparnis, geringer Kosten der Bearbeitung und des Schweißens, besser Wärmeübertragung und geringere Wärmespannungen er gibt. Die geringe Empfindlichkeit der Stähle gegen Überbeanspruchungen vermindert die Möglichkeit von Schadenfällen, erhöht also die Betriebsicherheit. [N 1887] Le.

Die Herstellung von Rohren nach dem Schleuderverfahren

Von Dr.-Ing. C. Pardun, Gelsenkirchen.

Geschichtliches — Anlage einer Schleudergießerei — Arbeitsweise der Schleudermaschinen — Prüfergebnisse mit Schleudergußrohren.

Geschichtliches

Über ein Jahrhundert hat es gedauert, bis man die Fliehkraft zur Erzeugung zylindrischer Hohlkörper, besonders von Rohren, praktisch im Großbetrieb anwandte. Männer mit Namen von Klang, wie Bessemer, haben sich auf diesem Gebiet versucht. Erst unsrer Zeit, die der Technik so viele Neuerungen bedeutendster Art gebracht hat, war es vorbehalten, auch das Schleuderverfahren betriebreif auszugestalten. Ein Name muß hier genannt werden, der des deutschen Ingenieurs Otto Briede, der mit seiner im Jahre 1910[1]) erfundenen offenen beweglichen Gießrinne die Hauptschwierigkeit des Schleuderverfahrens, nämlich eine vorzeitige Erstarrung des eingegossenen Metalls, überwunden hatte. Krieg und früher Tod haben diesen Mann um die Früchte seiner Erfindung gebracht; eine weitere Tragik liegt in dem Umstand, daß sein Gedanke im gesamten Auslande späterhin von andrer Seite unter Schutz genommen werden konnte, den er versäumt hatte, dort nachzusuchen.

Die Bedeutung des Schleuderverfahrens wurde von einem weitschauenden Deutschen schon im Jahr 1898 in dieser Zeitschrift[2]) gewürdigt, und eine eingehende Darstellung seiner physikalischen Grundlagen wurde von ihm gegeben. Wie leider so viele andre Neuerungen, mußte jedoch auch das Schleuderverfahren erst im Ausland zur Durchführung gebracht werden, ehe es bei uns Geltung erlangen konnte. Der Brasilianer De Lavaud, ein geborener Franzose, begann unter großen Schwierigkeiten und Enttäuschungen in Sao Paulo 1914 mit erneuten Versuchen und brachte schließlich mit der offenen Gießrinne die Rohrherstellung zum Erfolg[3]). Nach seinen Patenten arbeiten heute sieben Werke in den Vereinigten Staaten, Canada, England, Japan, Belgien und Australien, die bereits viele tausend Kilometer Rohre dieser Art von 50 bis 500 mm Dmr. erzeugt haben[4]).

In Deutschland begann die Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G., Abt. Schalke (heute Vereinigte Stahlwerke, A.-G., Abt. Schalker Verein) im Jahre 1922 mit Versuchen nach dem ursprünglichen Patent von Briede. Sie führten nach Überwindung mancherlei Schwierigkeiten zum Bau einer großen Anlage in Gelsenkirchen im Jahre 1925, die sich seit Frühjahr 1926 in Betrieb befindet.

[1]) DRP Nr. 242 307.
[2]) Lewicki, Über Zentrifugalguß, Z. Bd. 42 (1898) S. 719.
[3]) Z. Bd. 67 (1923) S. 817 und Bd. 69 (1925) S. 79.
[4]) Vortrag von J. D. Capron auf der Tagung des Am. Iron Steel Inst., 20. Mai 1927, New York

Abb. 1
Gattierungs- und Begichtungsanlage.

Die Gelsenkirchener Schleudergießerei

Die Gelsenkirchener Schleudergießerei ist nach einem Gruppensystem ausgeführt. Je vier Schleudermaschinen bilden mit allen erforderlichen Nebenanlagen, wie Muffenkernmacherei, Glühofen, Putzrollgängen, Teerbad und mehreren Prüfpressen eine in sich geschlossene im Fließbetrieb arbeitende Gruppe. Zwei solcher Gruppen haben eine gemeinsame Kuppelofenanlage. Die Schleudermaschinen in den verschiedenen Gruppen sind nach Durchmessern und Längen der zu erzeugenden Rohre geordnet. Die gesamte Anlage ist in einem vierschiffigen Gebäude untergebracht und umfaßt vier solcher Gruppen. Jedes der Schiffe enthält die Einrichtung für einen bestimmten Arbeitsvorgang, das erste die Schmelzbetriebe und Kernmachereien, daran schließt sich die Gießhalle mit den Schleudermaschinen, es folgt die Glühereihalle mit den Glühöfen und dann die Nachbehandlungshalle mit Putzerei, Teererei und Presserei.

Auf der Südseite des Gebäudes im Freien liegt die Gattierungs- und Begichtungsanlage, Abb. 1. Die Kuppelöfen eigener Bauart leisten je 12 bis 14 t/h. Auf den beiderseits der Bunker liegenden Normalspurgleisen führt man die Rohstoffe und auf einem dritten Gleis flüssiges Eisen in großen Pfannen von einer entfernter gelegenen Flammofenanlage zu. Am nördlichen Ende der Gattierungsanlage liegt das Maschinenhaus mit den Kuppelofengebläsen und den Maschinen für Druckwasser, Kühlwasser und Druckluft. Abb. 2 zeigt einen Teil einer Gießmaschinengruppe mit Gießkran und hochgelegener Abrollbahn für die gegossenen Rohre. Ein unter der Rollbahn neben jeder Maschine angeordnetes mit Druckwasser betriebenes Greiferarmpaar hebt das glühende Rohr auf die Rollbahn, auf der es selbsttätig nach der Eintrittsöffnung des Glühofens rollt. Auf einer Bühne vor den Glühöfen findet die erste Prüfung der Rohre durch Wiegen, sowie Messen der Wanddicken statt. Das Gewicht der Rohre wird den Steuerleuten der Gießmaschinen durch das weithin sichtbare Zifferblatt der Waage angezeigt, damit etwaige Fehler sofort abgestellt werden können.

Abb. 2
Gießmaschine mit Gießkran und Rollbahn.

Abb. 3 zeigt einen Glühofen und das dahinterliegende Querförderband zur Verteilung der Rohre auf die Putzrollgänge. Mittels einer

Reihe selbstaufzeichnender Geräte in einem besonderen Raume neben jedem Ofen kann man alle für den Glühvorgang zu beobachtenden Gesichtspunkte genau einstellen und überwachen. Das Glühen der Rohre erfordert viel Erfahrung und Geschicklichkeit; sie müssen in erster Linie weich werden durch Umwandlung der leicht abgeschreckten Außenhaut, dürfen aber nicht infolge ungeeigneter Flammenführung verzundern, krumm werden oder sich einbeulen. Ein sachgemäß durchgeführter Glühprozeß trägt wesentlich zur Gütesteigerung der Rohre bei.

Nach dem Austritt aus dem Ofen durchlaufen die noch warmen Rohre die in der vierten Halle untergebrachten Nachbehandlungsanlagen. Unmittelbar hinter den Öfen werden die Muffenkerne ausgestoßen. Da die Rohre nur für die Gestaltung des Muffeninneren mit Sand in Berührung gekommen sind, ist die Putzarbeit äußerst gering. Sie erstreckt sich nach dem Ausstoßen des Muffenkerns nur auf ein leichtes Abschmirgeln des Muffeninnern und des Spitzendes. Am Ende des Putzrollganges steht das Teerbecken, in das die noch warmen Rohre selbsttätig eingeführt und auf der entgegengesetzten Seite wieder ausgetragen werden, Abb. 4. Von dem Teerbadantrieb werden die Rohre in Schräglage auf der anderen Seite des Teerbeckens abgelegt, so daß der überflüssige Teer ablaufen kann.

Nach dem Teeren kommen die schnell trocknenden Rohre mittels Förderwagen oder Laufkrane auf die Druckwasser-Prüfmaschine, wo man die Leitungsrohre unter 30 bis 40 at Druck untersucht. Hinter den Pressen prüft man die Rohre auf Maßhaltigkeit, Fehler und Beschädigungen und ermittelt das Gewicht. Die Rohre hatte man erstmalig auf Maße und Gewicht, wie bereits erwähnt, unmittelbar nach dem Guß auf der Bühne vor dem Glühofen geprüft, dann während des Putzens, so daß die Rohre eine dreimalige Prüfung durchlaufen. Außerdem sind mehrere Leute ständig während der Nachbehandlung mit Härteprüfungen mittels Skleroskops und Feile beschäftigt. Eine so eingehende Prüfordnung war im Anfang erforderlich, weil in erster Linie das gesamte Personal auf das neue Verfahren eingearbeitet werden mußte, das sich durchweg aus ungelernten Leuten zusammensetzt. Im gleichen Schiff dienen schließlich einige Drehbänke zum Abstechen auf ungewöhnliche Längen, besonders aber von Vorwärmerrohren; diese prüft man auf einer besonderen Presse mit Multiplikator auf 100 at Wasserdruck.

An dieser Stelle sei vorausbemerkt, daß durch das geschleuderte Vorwärmerrohr eine neue Belebung des Vorwärmerbaues mit Glattrohren herbeigeführt worden ist, während das bisherige Sandgußrohr dieser Bauart mancherlei Unzuträglichkeiten gezeigt hatte. Die neuen Abnahmevorschriften für Hochdruck-Vorwärmerrohre sind solcher Art, wie man sie vor wenigen Jahren noch nicht als erfüllbar angesehen haben würde. Neben dem Probedruck von 100 at wird eine Zugfestigkeit von 26 kg/mm² verlangt; außerdem muß eine bestimmte Verhältniszahl der Rohre zum Nachweis völliger Fehlerfreiheit auf der ganzen Länge überdreht werden. Die Einhaltung dieser Bedingungen bereitet heute keine Schwierigkeiten mehr; mit einfachen Sandgußrohren sind sie aber nicht erreichbar.

Abb. 3
Glühofen für Schleudergußrohre. Auslaufseite mit Sortierband.

Infolge der großen Leistungsfähigkeit der Anlage, die nach vollständigem Ausbau viele tausend Tonnen Rohre im Monat beträgt, kann man größere Aufträge in kürzester Zeit erledigen. Der Fertigungsgang vom flüssigen Eisen bis zum versandfertigen Rohr beträgt noch keine Stunde; im bisherigen Sandgußverfahren braucht man für die gleichen Arbeitsvorgänge 1 bis 2 Tage. Eine Maschine erzeugt 20 bis 40 Rohre in 1 h; die beim Sandguß erforderlichen Arbeiten für Kernherstellung, Putzen des Rohres innen und außen, Abstechen, Wiederanwärmen für das Teeren und die zahlreichen Beförderungen zwischen diesen Arbeitsvorgängen fallen fort.

Arbeitweise der Schleudermaschinen

In einem Gehäuse *a*, Abb. 5, das gleichzeitig als Kühlwassermantel dient, lagert die Drehform *b* auf den vier Rollen *c*. Sie wird durch das Zahnrad *d* und den regelbaren Motor *e* in Drehung versetzt. Vor Beginn des Gießens wird in den Muffenteil der Drehform ein Sandkern eingesetzt, der nur zur Erzeugung der Innengestalt der Muffe dient. Von der entgegengesetzten Seite ragt die feststehende Rinne *g* in das Innere der Drehform hinein, und zwar bis nahe an den Kern *f*. Am Ende der Rinne *g* ist die Gießpfanne *h* angebracht; sie ist derart gestaltet, daß sie beim Kippen eine stets gleichbleibende Eisenmenge in der Zeiteinheit ausgießt und ihr Inhalt an flüssigem Eisen dem Gewicht eines Rohres entspricht.

Wenn die Schleudermaschine in ihrer äußersten Rechtsstellung steht, wird die Drehform in Umlauf versetzt. Sobald die notwendige Umdrehungszahl erreicht ist, gießt die Pfanne *h* durch Kippen mit Hilfe eines Druckwasserzylinders das Eisen durch die Rinne in die Maschine. Nach Füllung des Muffenteils läßt man die Maschine durch Druckwasser- oder elektrischen Antrieb mit gleichförmiger Geschwindigkeit in der Pfeilrichtung nach links abfahren, bis das Ausflußende der Rinne ganz aus der Maschine herausgetreten ist. Während dieser Zeit wickelt sich das aus der Rinne ausströmende flüssige Eisenband auf Grund der Dreh- und Längsbewegung auf der Innenoberfläche der Drehform wie ein Seil auf einer Trommel gleichmäßig ab und wird durch die Fliehkraft zu einem Zylinder von gleichförmiger Wandstärke ausgebreitet.

Abb. 4
Putzrollgang und mechanische Teeranlage.

Infolge der hohen Erstarrungsgeschwindigkeit des flüssigen Eisens i

ler eisernen Drehform kann die Drehung unmittelbar nach lem Freikommen der Rinne abgestellt und das fertige Rohr nit Hilfe von selbstklemmenden Zangen in Richtung der Muffe herausgezogen werden.

Der wichtigste Teil ist die Drehform, von deren Genauigkeit und Haltbarkeit das Verfahren vornehmlich abhängig ist. Neben einem hohen Grad von Feuerbeständigkeit muß von ihr Sicherheit gegen Formänderungen während des Gießens verlangt werden. Unendliche Schwierigkeiten mußte man hier überwinden. Das Ausland war in dieser Hinsicht viel günstiger gestellt; denn die englische und amerikanische Normallänge für Gußrohre beträgt nur 3,65 m, während die deutschen Normalien Baulängen von 4 und 5 m vorschreiben. In dem Gelsenkirchener Werk stellt man Rohre bis 100 mm Dmr. in 4 m Länge und über 100 mm bis zu 5 m Länge her. Mit den Längen wachsen die Schwierigkeiten der Drehform in gesteigertem Maße; sie können heute jedoch nahezu als überwunden betrachtet werden.

Abb. 5. Rohrschleudermaschine.

a Maschinengehäuse
b Drehform
c Laufrollen
d Zahnkranz
e Antriebmotor
f Muffenkern
g Einlaufrinne
h Gießpfanne

Abb. 6
Biegeprüfmaschine für Rohre.

Neuere Prüfergebnisse und Prüfverfahren

Die wissenschaftlichen Grundlagen des Verfahrens und die Eigenschaften von Schleudergußrohren habe ich früher[5]) bereits eingehend dargelegt. Deshalb seien hier nur die neueren bisher größtenteils noch nicht veröffentlichten Untersuchungsergebnisse mitgeteilt.

Auf Veranlassung und unter Aufsicht eines großen deutschen Wasserwerks wurden vergleichende Durchbiegungsversuche mit ganzen Rohren in Schleuderguß und Sandguß auf einer besonders hierzu gebauten Biegemaschine, Abb. 6, durchgeführt. Teilweise nahm man die Biegeproben unter gleichzeitigem Innenwasserdruck von 7 at vor. Da sich jedoch kein nennenswerter Unterschied gegenüber den ohne Innendruck geprüften Rohren ergab, prüfte man die Rohre ohne Druck. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 1 enthalten, worin Untersuchungen an Sandguß- und an Schleudergußrohren angeführt sind. Bei den ermittelten Biegefestigkeitszahlen ist zu berücksichtigen, daß sie nur Verhältniswerte darstellen; denn die Rohre gehen bei der Versuchsanordnung nicht durch die

[5]) „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 905 u. f.

Zahlentafel 1
Biegeproben an ganzen Rohren

Sandguß							Schleuderguß							
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8
Rohr Nr.	Dmr./Länge mm/m	Stützenentfernung m	Bruchlast kg	Widerstandsmoment cm³	Biegefestigkeit kg/mm²	Biegefestigkeit Mittel	Rohr Nr.	Dmr./Länge mm/m	Stützenentfernung m	Bruchlast kg	Widerstandsmoment cm³	Biegefestigkeit kg/mm²	Biegefestigkeit Mittel	Steigerung bei Schleuderguß vH
1	Eco 96/4	3,5	2300	90,5	21,2		31	Eco 96/4	3,5	3400	81,3	36,5		
2	,,	,,	2350	102	20		32	,,	,,	3800	100	33,2		
3	,,	,,	4000	90,4	38,7	24,9	33	,,	,,	6000	91	57,5	44,8	79,9
4	,,	,,	1500	100	13,1		34	,,	,,	6000	99,5	52,7		
5	,,	,,	3500	97	31,5		35	,,	,,	5000	99,5	44,0		
6	100/4	3,5	2300	86,0	23,4		36	100/4	3,5	2850	70,5	35,4		
7	,,	,,	2100	84,3	21,8		37	,,	,,	3000	81,5	32,2		
8	,,	,,	2100	90,4	20,3	22,0	38	,,	,,	4000	85,5	40,9	36,4	65,4
9	,,	,,	2150	93,3	20,2		39	,,	,,	3500	81,7	37,5		
10	,,	,,	2300	84,4	24,3		40	,,	,,	3300	80,3	36,0		
11	125/4	3,5	2350	140	14,7		41	125/4	3,5	5200	111,6	40,7		
12	,,	,,	3850	135,6	14,8		42	,,	,,	5950	153	34,0		
13	,,	,,	2650	140,8	14,9	17,5	43	,,	,,	5000	115	38	39,9	128
14	,,	,,	3900	144	22,5		44	,,	,,	5900	121,2	42,6		
15	,,	,,	3350	144,5	20,3		45	,,	,,	4560	110	44		
16	150/4	3,5	4300	206	18,2		46	150/4	3,5	8550	180	41,6		
17	,,	,,	6200	203	26,7		47	,,	,,	7450	168	38,8		
18	,,	,,	5600	219	22,4	20,8	48	,,	,,	8900	217,5	35,8	36,9	77,4
19	,,	,,	3900	209	16,4		49	,,	,,	6650	187	31		
20	,,	,,	4600	198	20,3		50	,,	,,	8600	203	37,1		
21	200/4	3,5	6300	380	14,5		51	200/5	3,8	11800	370	30,4		
22	,,	,,	5800	371	13,6		52	,,	,,	10700	367	27,7		
23	,,	,,	4900	354	12,1	13,4	53	,,	,,	10300	362	24,0	25,2	99,2
24	,,	,,	6000	360	14,6		54	,,	,,	9400	358	25,0		
25	,,	,,	5200	368	12,4		55	,,	,,	9800	352	26,4		
26	250/4	3,8	11600	620	17,7		56	250/5	4,5	14040	645	24,5		
27	,,	,,	11300	534	21,7		57	,,	,,	14010	610	25,8		
28	,,	,,	10700	606	16,8	17,9	58	,,	,,	13700	640	24,1	25,2	40,7
29	,,	,,	10900	600	17,3		59	,,	,,	16300	666	27,5		
30	,,	,,	12500	675	16,2		60	,,	,,	13800	647	24		
												Steigerung bei Schleuderguß im Mittel		81,5 vH

Biegebeanspruchung allein zu Bruch, sondern zum Teil durch den hohen örtlichen Druck an der mittleren Angriffstelle der Kraft; dort wird das Rohr zerdrückt. Man erkennt an den Versuchsergebnissen eine ganz wesentliche Steigerung der Widerstandfähigkeit von Schleudergußrohren, die im Mittel bei dieser Versuchsreihe 81,5 vH beträgt.

Schwierigkeiten machte das Auffinden eines Verfahrens zur Ermittelung der Festigkeitseigenschaften für die Abnahme. Gesondert gegossene Probestäbe kommen nicht in Betracht, weil sie nicht den gleichen Fertigungsgang durchlaufen haben und deshalb unrichtige Werte ergeben würden. Die von verschiedenen Seiten[6]) angewendete Zerreißprobe, Abb. 7 und 8, an schmalen, etwa 20 mm breiten Ringen, die vom Rohrende abgeschnitten werden, gab nach ausgedehnten Nachprüfungen in Gelsenkirchen schlecht übereinstimmende Werte mit Langstäben, die aus den gleichen Rohren herausgeschnitten und in der üblichen Weise zerrissen wurden. Beim Zerreißen eines Ringes zwischen zwei Schneiden tritt zu der Zugbeanspruchung eine zusätzliche Biegebeanspruchung, für die in der vorgeschlagenen Berechnungsformel ein dem Widerstandsmoment entsprechender Faktor eingeschlossen ist. Eigene Versuche, diese Biegebeanspruchung auszuschalten durch Einsetzen von zwei halbkreisförmigen Futterstücken mit Löchern für den Angriff der Schneiden, Abb. 9 und 10, führten auch zu keinem befriedigenden Ergebnis. Man entschloß sich zur Übernahme des in den Vereinigten Staaten angewendeten Verfahrens, die Zugfestigkeit an kleinen 90 mm langen, aus dem Rohrende herausgeschnittenen Stäben zu bestimmen mit einem Schaftdurchmesser von 6 mm und Gewindeköpfen zum Einspannen, Abb. 11.

Zahlentafel 2
Zugfestigkeitsergebnisse von Schleudergußrohren nach deutschen Normalien

Lichte Weite der Rohre mm	Mittlere Zerreißfestigkeit von je 5 Stäben kg/mm²
80	26,3
96 (Vorwärmerrohr)	27,4
100	24,6
200	25,4
300	24,1
400	21,7

Mit der Durchführung umfangreicher Festigkeitsprüfungen unter Anwendung dieses Stabes wurde kürzlich das Staatliche Materialprüfungsamt, Berlin, betraut. Aus einer Reihe von Rohren, die von beamteter Seite aus der laufenden Fertigung entnommen und gestempelt waren, stellte man die Probestäbchen her, die das Berliner Amt einer physikalischen, chemischen und metallographischen Untersuchung unterzog. Aus den umfangreichen Prüfergebnissen sind in Zahlentafel 2 die als Mittelwerte von fünf Stäbchen jeder Rohrgröße festgestellten Zugfestigkeiten mitgeteilt.

Da die heutigen Liefervorschriften für Gußrohre nur eine Zugfestigkeit von 12 kg/mm² enthalten, beträgt

[6]) Foundry Trade Journ. Bd. 30 (1924) S. 9, Bd. 32 (1925) S. 81.

Abb. 7 und 8 Ringzerreißprobe.

Abb. 9 und 10 Ringzerreißprobe mit Futterstücken.

Abb. 11 Kleinzerreißstab, aus der Rohrwand geschnitten.

Abb. 7 bis 11 Prüfarten für Schleudergußrohre.

die Überschreitung zum Teil mehr als 100 vH. Hier muß jedoch gesagt werden, daß diese Festigkeitsteigerung nicht das alleinige Maß für die Bewertung der Eigenschaften sein darf. Es sind in dieser Hinsicht in der letzten Zeit sehr irrige Auffassungen in den Kreisen der Verbraucher wie der Erzeuger von Gußeisen entstanden. Es hat bei den ersteren bereits dazu geführt, in Fällen, wo Dichtigkeit und Fehlerfreiheit des Werkstoffes in erster Linie verlangt werden muß, hohe Festigkeitszahlen vorzuschreiben. Zwar gehen diese beiden Forderungen zum großen Teile gleichzeitig nebeneinander, aber sie bieten immerhin noch keine Gewähr für einen fehlerfreien Guß. Festigkeitsforderungen erscheinen im allgemeinen nur dann gerechtfertigt, wenn es sich um Steigerungen der Beanspruchung handelt oder um notwendige Gewichtsverminderungen. Für die Sicherung von Dichtheit kommt in erster Linie eine Vervollkommnung der Form-, Schmelz- und Gießtechnik in Betracht. Der Schleuderguß vereinigt neben der Festigkeitsteigerung eine ungewöhnliche Dichte und Reinheit des Stoffes, die ihn auch besonders gegen korrodierende Einflüsse schützen. Das Gelsenkirchener Werk gewährleistet in seinen Lieferbedingungen für Leitungsrohre eine Zugfestigkeit von 18 bis 20 kg/mm² und nutzt diese hohen Werte auf Wunsch zu einer Gewichtsverminderung der Rohre aus.

Die jüngsten Untersuchungen zur Erforschung der Eigenschaften von Schleuderrohren erstreckten sich auf die Korrosionsbeständigkeit. Sie wurden 1927 von Prof. Dr. Piwowarsky im Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule, Aachen, ausgeführt. Abgestochene, 10 bis 12 mm breite Ringe aus Schleuderguß-

Zahlentafel 3
Ergebnisse der Korrosionsversuche an Rohren

Versuchsreihe Nr.	Behandlung	Rohrart	Mittleres Ausgangsgewicht der Ringe g	Mittlerer Gewichtsverlust g	Gewichtsverlust vH	Steigerung der Beständigkeit des Schleudergusses vH
1	In feuchtes Erdreich eingegraben	Sandguß Schleuderguß	367,4 356,1	0,71 0,54	0,193 0,152	21,2
2	Schnittflächen verkupfert zwecks Prüfung des galvanischen Einflusses; in feuchtes Erdreich eingegraben	Sandguß Schleuderguß	398,6 364,2	1,49 1,24	0,374 0,336	10,2
3	Gesättigte Ammonsulfatlösung	Sandguß Schleuderguß	404,2 355,3	2,61 1,93	0,636 0,540	15,1

nd Sandgußrohren behandelte man nach einem bestimmten Plan sechs Monate lang; Zahlentafel 3. Für jede Versuchsreihe wurden zehn solcher Ringe von jeder Rohrart ntersucht.

Nach Beendigung der Versuchszeit wurde die korrodierte Schicht auf chemischem Wege entfernt und am Gewichtsverlust der Ringe der Unterschied in den beiden ohrarten ermittelt. Die Beständigkeit von Schleuderußrohren ist um 10 bis 21 vH höher als von Sandgußohren, Zahlentafel 3. Der Grund für diese Steigerung irfte ebenso wie bei den Festigkeitsverbesserungen in er sehr feinen Ausbildungsform des Graphits, Abb. 12 nd 13, zu suchen sein.

Schließlich seien noch die vom Schalker Verein ngestellten Wachstumversuche erwähnt, die für den au und Betrieb von Speisewasservorwärmern von Beeutung sind[7]). Die umfangreichen Prüfungen dieser rt, bei denen geschleuderte Vorwärmerrohre mehrfachen rhitzungen auf die in Vorwärmern auftretenden Tempeturen unterzogen wurden, führten zu dem Ergebnis, ß diese Rohrart praktisch kein bleibendes Wachstum ehr zeigt. Durch das Glühen der Rohre während des erstellvorganges ist also der Wachstumvorgang bereits inzlich vollzogen.

Schlußbemerkungen

Das neue Verfahren hat in den Vereinigten Staaten reits festen Fuß gefaßt; dort betrug im Jahre 1927 die zeugung[8]) rd. 400 000 t; sie hatte sich gegen das Vorhr infolge des Hinzukommens weiterer Betriebe nahezu rdoppelt. Da der Grundgedanke und alle wesentlichen benteile unter Schutz stehen, ist es verständlich, daß ch andre Wege gesucht worden sind, um den Wettbeerb gegen die neue Rohrart bestehen zu können. Von esen hat bisher jedoch nur ein ebenfalls in den Vernigten Staaten ausgearbeitetes Verfahren[9]) größere Beutung gewonnen, bei dem die Drehform mit Formsand sgekleidet ist; diese Auskleidung muß für jeden Guß erneuert werden Dagegen fällt die Rinne und die Längsbewegung fort, ein Glühen der Rohre ist nicht erforderlich. Ein Viertel der vorhin genannten Gesamterzeugung soll im Jahre 1927 nach diesem Verfahren hergestellt worden sein.

[7]) Veröffentlichungen des Zentralverbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine Bd. 3 S. 34. Selbstverlag Halle a. S.
[8]) „Iron Age" Bd. 120 (1928) S. 39.
[9]) „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1611.

RZ1490Z12u.13

Abb. 12 und 13
Graphitverteilung in Sandguß (links) und in Schleuderguß (rechts).

Wie sehr das Schleuderverfahren die Beachtung weiter Kreise erregt hat, sieht man an der Flut von Patenten und Patentanmeldungen, die seit der Aufnahme der Großerzeugung von Rohren in allen Ländern auftritt. Zweifellos ist die Entwicklung auf diesem Gebiet noch nicht abgeschlossen. Die Ausnutzung der Fliehkraft bietet noch manche Anwendungsmöglichkeit auf den verschiedensten Gebieten. So ist z. B. ihre Anwendung auf geschmolzene Metalle und Legierungen geradezu eine Fundgrube für die Erkenntnis von metallurgischen Zusammenhängen. Erwähnt sei zum Schluß nur noch die Herstellung von Betonrohren und Leitungsmasten, sowie das Einschleudern einer dünnen Betonschutzschicht in eiserne Leitungsrohre. Derart ausgekleidete Rohre haben sich in den englisch sprechenden Ländern in der jüngsten Zeit in größerem Maß eingeführt. [B 1490]

Umbau von Malletlokomotiven

Im allgemeinen werden Malletlokomotiven als Verbundlokomotiven gebaut, obgleich es nicht an einzelnen Ausführungen mit vier gleichen Zylindern fehlt.

Die ersten derartigen Ausführungen[1]) waren wohl im Jahre 1912 die 1 D + D 1-Lokomotiven der Pennsylvaniabahn, die den für damalige Zeit großen Zylinderdurchmesser von 6[illegible] mm bei 744 m² Heizfläche aufwiesen, und die C + C-Lokomotiven der Canadian Pacific-Bahn, bei denen übrigens die Zylinder einander zugekehrt waren, um weniger Beweglichkeit in der Dampfzuleitung zu den Zylindern im vorderen Gestell zu erhalten. Weitere Malletlokomotiven mit einfacher Dampfdehnung sind die 1919 gebaute schwere 1 D + D-Lokomotive der Pensylvaniabahn mit 775 mm Zyl.-Dmr. und 908 m² Heizfläche, die 25 Stück 1 D + D 1-Lokomotiven der Cheasepeake Ohiobahn, Baujahr 1923, 1925 eine gleiche Lokomotive der Great Northernbahn und schließlich 1927 eine solche der Denver Rio Grande Westernbahn, bei der außer dem Triebachsdruck von 31,7 t der hohe Dampfüberdruck von 16,9 at bemerkenswert war. Es ist das ein Beweis, daß man die früheren Schwierigkeiten, den Anforderungen des Lokomotivbetriebes standhaltende Dampfleitungen für so hohe Drücke zu bauen, überwunden zu haben scheint. Dafür sprechen auch die zahlreichen Ausführungen von Garratt-Lokomotiven.

Es ist daher naheliegend, daß man auch bei ä l t e r e n M a l l e t v e r b u n d l o k o m o t i v e n daran denkt, gelegentlich von Umbauten zur Zwillingswirkung überzugehen. Die wesentlich kleineren Hochdruckzylinder sind leichter und die hin- und hergehenden Massen werden auch geringer, mindestens die Kolbengewichte.

[1]) Vergl. „Railway Age" Bd. 57 (1912) S. 377 und 627. Bd. 69 (1924) S. 7. Bd. 70 (1925) S. 359 und Bd. 72 (1927) S. 434 und „Organ" Bd. 57 (19[illegible]) S. 103.

So hat die Southern Pacificbahn, wie wir der Zeitschrift „Railway and Locomotive Engineering" Bd. 41 (1928) S. 115 entnehmen, kürzlich eine ihrer älteren 1D+D1-Verbund-Malletlokomotiven mit 660 und 1016 mm Zyl.-Dmr. (es handelt sich offenbar um die bekannten rückwärtsfahrenden Lokomotiven, Serie 4000, aus den Jahren 1909 bis 1912) auf einfache Dampfwirkung in vier Zylindern von 559 mm Dmr. umgebaut unter gleichzeitigem Einbau eines Kleinrohrüberhitzers. Nach der üblichen amerikanischen Rechnungsweise für die dort vielfach gebräuchlichen großen Füllungen wird die Zugkraft der umgebauten Lokomotive 41 250 kg gegen 38 580 kg bisher betragen, was bei 182 t Reibungsgewicht einem Reibungswert von 1 : 4,3 entspricht. Bei Annahme wirtschaftlicher Füllungen, also etwa 0,50 bei zweistufiger und 0,25 bei einstufiger Dampfdehnung, würde die Zugkraft sich allerdings um rd. 30 vH vermindert haben. Der Tender ist aber gleichzeitig am hinteren Drehgestell mit einer Zusatzmaschine (booster) nach Bauart der Bethlehem Steel Co. ausgerüstet worden, die eine zusätzliche Zugkraft von 6530 kg bringt. Da die erste umgebaute Lokomotive sich bewährte, wurden weitere fünf in gleicher Weise geändert.

Gründlicher noch als die Southern Pacificbahn ist die Philadelphia-Reading-Bahn vorgegangen. Sie hat eine ihrer Malletlokomotiven in eine 1E1-Zweizylinderlokomotive umgebaut[2]), die nunmehr bei einem Triebwerk von 775/813/1562 mm eine Zugkraft von 41 050 kg, also etwa ebensoviel wie die vorerwähnte Malletlokomotive entwickelt. Ihre Hauptkonstruktionszahlen sind folgende: Rostfläche 10 m², Heizfläche 671 m², Kesselüberdruck 15,6 at, Kessel-Dmr. 2591 mm, Dienstgewicht 199 t, mit Tender 303,8 t. Dies ist z. Z. die größte 1E1-Lokomotive in den Vereinigten Staaten. [N 1799] M.

[2]) „The Commonwealther" Bd. 14 (1928) Heft 2 S. 88.

Neuere Forschungen über mechanische Schwingungen

Bericht über die Tagung des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure in Darmstadt.

Von Prof. Dr. W. Hort, Berlin

Vorbemerkung

Der Ausschuß für mechanische Schwingungen trat Ende 1924 ins Leben; er nahm zur Erreichung seines Zieles zunächst folgende Fragen in Angriff:

1. Wechselbeanspruchung von Werkstoffen bei Maschinen und Bauteilen,
2. Störungen durch Schwingungen (Geräusche, Erschütterungen),
3. Meßtechnik der mechanischen Schwingungen.

Zunächst wurde mit der Erforschung der Dauerfestigkeit der maschinen- und bautechnischen Werkstoffe und der damit in Zusammenhang stehenden Erscheinungen begonnen. Hierzu sind über die von Prof. O. Föppl, Braunschweig, übernommenen Arbeiten gedruckte Berichte erschienen[1]). Ein Bericht aus dem Institut von Prof. A. Esau, Jena, wird Mitte 1928 erscheinen[2]).

Auf dem Gebiet der Schalltechnik hat kürzlich Prof. K. W. Wagner Versuche über Raumakustik mit Unterstützung des Schwingungsausschusses begonnen. Dr. Steuding, Breslau, hat über die Messung mechanischer Schwingungen ein ausführliches Buch verfaßt[3]).

Abgesehen von der unmittelbaren Förderung der Forschung hat der Schwingungsausschuß auch sein Ziel gesehen in der Herstellung engerer Verbindung unter den Forschern selbst. Diesem Ziele dienten die Tagungen des Ausschusses in Jena, Braunschweig und Darmstadt. Dabei haben in Jena und Braunschweig folgende Herren die Ziele des Ausschusses durch Vorträge unterstützt: Geh. Rat M. Wien, Dr. H. Holzer, Prof. Nordmann, Dr.-Ing. Lehr, Prof. H. Busch, Geh. Rat Hecker, Prof. A. Esau, Dr. A. Wichert †, Prof. O. Föppl, Dr. Kühnel, Prof. Memmler, Prof. Michel, Dr. E. Meyer, Dr. H. Reiher, Prof. A. Smekal, Prof. Blaeß, Dir. W. Hahnemann, Dr. H. Steuding, Dr. E. Becker, Dipl.-Ing. v. Heidekampf, Dipl.-Ing. E. Pertz.

Die Vorträge sind größtenteils veröffentlicht worden, insbesondere ist über die Tagung in Braunschweig eine Sammlung ausführlicher Auszüge erschienen[4]).

Tagung in Darmstadt

Die Tagung in Darmstadt war hauptsächlich den Schwingungserscheinungen bei Bauwerken und im Erdboden und ferner der Anwendung schwingender Maschinen zur Arbeitsübertragung gewidmet. Sonderthemen bezogen sich auf Schwingungsmesser und auf Auswuchtmaschinen. Die Einleitung bildete eine Vorführung der Schwingungs-Modellsammlung des Lehrstuhles Mechanik II an der Technischen Hochschule Darmstadt, von Prof. Dr. Blaeß geschaffen. Diese mindestens in Deutschland einzig dastehende Sammlung von betriebsfähigen Schwingungsmodellen zeigt die wesentlichen Erscheinungen der harmonischen Schwingungen. Man hat erkannt, daß die Unterstützung des theoretischen Vortrages durch zweckmäßige Modelle, die wenn möglich betriebfähig sein sollten, das Ergebnis des Mechanikunterrichts wesentlich vertieft. Prof. Dr. E. Meyer[5]) ist auf diesem Gebiete vorangegangen, und Prof. Blaeß hat die Modellkonstruktion besonders in der Richtung der Dynamik und der Schwingungslehre weiter entwickelt.

Dynamik und Schwingungen im Eisenbahnoberbau

Durch die Probleme beim Eisenbahnoberbau ist, wie Reichsbahndirektor Dr. H. Saller[6]), Regensburg, ausführte, der Boden für die dynamische Behandlung der Fragen, insbesondere für die Untersuchung der Fahrvorgänge an der Schiene, die der rechnerischen Behandlung vorausgehen muß, geebnet. Es ist stets eine besondere Aufgabe der Oberbau-Versuchstechnik gewesen, für geeignete, zuverlässige Meßgeräte zum Aufzeichnen der in den Schienen auftretenden Spannungen und Schwingungen zu sorgen. Bisher ist so viel erreicht worden, daß die verschiedenen mechanischen Meßarten, die wegen ihrer Einfachheit zunächst vorzugsweise geprüft wurden, wenigstens bei den geringeren Zuggeschwindigkeiten bis etwa 50 km/h in großen Zügen miteinander vergleichbare Anzeigen geben, wie Abb. 1 zeigt. Bei den großen Zuggeschwindigkeiten aber von 90 km/h liefern die beiden geprüften Geräte nach Okhuizen und Dr. Geiger Aufzeichnungen nach Abb. 2, die von Grund aus verschieden und nicht mehr miteinander vergleichbar sind.

Es ist klar, daß diese Unterschiede durch die bei allen dynamischen Meßvorgängen wesentlichen Reibungs- und Trägheitskräfte bedingt sind, die je nach der Bauweise des Gerätes ganz verschieden sein können. Im vorliegenden Fall bedingt die größere Reibung des Gerätes von Okhuizen den einfachen, die größeren Massenwirkungen beim Geigerschen Gerät den verwickelten Kurvenverlauf. Die Entscheidung zwischen diesen Ergebnissen liegt in der Zukunft zweifellos bei den Meßarten, die die Reibungs- und Trägheitsfehler vermeiden, nämlich bei den photographisch oder den elektrisch-photographisch aufzeichnenden Methoden, deren umständlichere Anwendung angesichts der Wichtigkeit der zu lösenden Fragen wohl nicht umgangen werden kann.

Messung und Theorie der Brückenschwingungen

Wie Sektionschef A. Bühler, Bern (Generaldirektion der Schweizer Bundesbahnen), berichtet, ist die Messung der durch Schwingungen bei Brücken hervorgerufenen

[1]) Vergl. E. Becker u. O. Föppl, Forschungsheft 304, Berlin 1928, VDI-Verlag, und E. Pertz, Die Bestimmung der Baustoffdämpfung nach dem Verdrehungsausschwingverfahren, Braunschweig 1928, Vieweg & Sohn.

[2]) In der Zeitschrift f. techn. Physik.

[3]) Dr. Steuding, Messung mechanischer Schwingungen; wird 1928 im VDI-Verlag erscheinen.

[4]) Schwingungstagung Braunschweig 1927, VDI-Verlag.

[5]) Z. Bd. 53 (1909) S. 1301 u. f.

[6]) Der Vortrag erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

Abb. 1
Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger und Okhuizen, umgezeichnet auf die gleiche Länge und den gleichen Spannungsmaßstab. Zugzusammensetzung: elektrische Lokomotive. Zuggeschwindigkeit: 48,5 km/h. Fahrtrichtung: von Freising nach München.

a Aufzeichnung des Dr. Geigerschen Spannungsmessers: Papiergeschwindigkeit = 13 m/min, Meßlänge = 197 mm, ν = Schwingungen in 1 min *b* Aufzeichnung des Okhuizenschen Spannungsmessers: Meßlänge = 60 mm

Abb. 2
Schaubild der Spannungmessungen nach Dr. Geiger und Okhuizen, umgezeichnet auf die gleiche Länge und den gleichen Spannungsmaßstab. Zugzusammensetzung: Lastenzug. Zuggeschwindigkeit: 90 km/h. Fahrtrichtung: von München nach Freising.
a Aufzeichnung des Dr. Geigerschen Spannungsmessers: Papiergeschwindigkeit = 7,1 m/min, Meßlänge = 197 mm
b Aufzeichnung des Okhuizenschen Spannungmessers: Meßlänge = 60 mm

namischen Beanspruchungen eine sehr alte Frage, deren llständige Lösung bisher nicht gefunden wurde. Für den ückeningenieur liegt die Notwendigkeit vor, bei den ückenberechnungen die Stoßkoeffizienten

$$\varphi = \frac{\sigma_{dyn} - \sigma_{stat}}{\sigma_{stat}}$$

z kennen, die über die durch dynamische Einwirkungen ögliche Erhöhung der statischen Beanspruchungen Aus- kunft geben. Die Schwierigkeit, die in Wirklichkeit vor- kommenden Werte von φ und ihren Zusammenhang mit Bauart und Betriebsweise der Brücken zu ermitteln, ist rin begründet, daß einerseits die Vorgänge, die sich beim Fahren eines Zuges über eine Brücke abspielen, außer- dentlich verwickelt sind, und daß anderseits die Ver- fahren, die zur Messung rasch veränderlicher Spannungen und Formänderungen an Brückenteilen zur Verfügung stehen, noch der Vervollkommnung bedürfen.

So ist es zu erklären, daß eine befriedigende Zerlegung der Betriebsvorgänge bei den Brücken durch Messung trotz zahlreicher, von fast allen Bahnverwaltungen der Welt angestellter umfangreicher Versuche noch nicht gelungen ist. Bisher ist lediglich erreicht, für die Stoßziffern Dar- stellungen in Abhängigkeit von der Brückenlänge L etwa der Form

$$\varphi = a + \frac{b}{c + L}$$

zu finden, bei denen die Festwerte a, b, c aus Messungen der jeweiligen Bahnverwaltung abgeleitet sind. Es ist nicht verwunderlich, wenn diese bei den verschiedenen Bahnverwaltungen eingeführten Stoßzahldarstellungen untereinander recht wenig übereinstimmen, und wenn die Versuchswerte von φ gegenüber den auf Grund der Formel berechneten Werten außerordentliche Streuungen zeigen.

Abb. 3
Vergleich berechneter und empirischer Stoßzahlkurven.
a Stoßzuschlaglinie nach den Vorschriften der Deutschen Reichsbahngesellschaft (Schienen auf Schwellen und Längsträgern)
b Stoßzuschlaglinie für die regelmäßigen dynamischen Wirkungen, abgeleitet aus den Theorien von H. Zimmermann und St. Timoshenko
c Stoßzuschlaglinie für die unregelmäßigen dynamischen Wirkungen nach H. Saller
d die Zusammensetzung der Kurven *b* und *c* liefert nahezu die empirische Linie *a* der Deutschen Reichsbahn. Nur im Gebiete der kürzeren Brücken zeigen sich beträchtliche Abweichungen.

Prof. Dr. W. Hort, Charlottenburg, hat eine bei der Deutschen Reichseisenbahnverwaltung eingeführte Stoßzahldarstellung mit einer theoretisch berechneten verglichen, Abb. 3. Bei dieser Berechnung ist angenommen, daß alle bei einer Brücke möglichen dynamischen Einflüsse auch gleichzeitig zusammenwirken können, und daß der so zu ermittelnde größte Stoßzahlwert für die Bemessung der Brücke maßgebend sein muß. Für die längeren Brücken stimmt die Berechnung mit der auf dem Versuchswege gewonnenen Vorschrift der Deutschen Reichsbahnverwaltung ganz gut überein.

Die Eigenschwingungen von Rahmenfundamenten

Die Fundamente großer Maschinen, insbesondere von Dampfturbinen, werden heute meist in Tischform hergestellt. Riegel *a* und Stiele *b*, Abb. 4, bilden die Querrahmen, die durch Längsträger *c* verbunden sind. Die Füße der Stiele sind in der als biegungsstarr anzusehenden Fundamentplatte *d* eingespannt. Das Fundament ist also ein elastisches, räumliches Stabwerk zahlreicher Freiheitsgrade, denen eine ganze Reihe von Eigenschwingungszahlen entsprechen. Diese müssen für die Fundamente bestimmt werden, um ein Urteil über ihre Lage relativ zur Drehzahl der Maschine zu erhalten. Dr. W. Prager[7]) betrachtet zunächst die Querrahmen für sich.

Ein Rahmen aus Eisenbeton mit 4,5 m hohen Stielen und 3 m langen Riegeln kann z. B. folgende Verteilung der Eigentöne haben:

Wagerecht	Senkrecht
840 Hertz	3 750 Hertz
6 700 „	7 000 „
17 300 „	17 900 „

Eine auf dem Fundament aufgestellte Dampfturbine von 3000 U/min würde also beim Anlaufen die erste kritische Drehzahl, 840 U/min, durchschreiten. Berücksichtigt

[7]) Zeitschrift f. techn. Phys. Jg. 9 (1928) S. 222.

Abb. 4
Turbinenfundament in Tischform.
a Riegel
b Stiele
c Längsträger
d Fundamentplatte

Abb. 5
Gebäudebewegung (2. Stock) beim Vorbeifahren eines Kraftomnibusses, Wagerechtkomponente.

man die Koppelung der Rahmen durch die Längsträger, so schieben sich weitere Eigentöne ein, z. B. im vorliegenden Fall noch einer bei 1180 Hertz! Dies zeigt, wie wichtig die genauere Berechnung der Schwingungszahlen von Dampfturbinenfundamenten gegenüber den bisher üblichen Näherungsrechnungen, die lediglich die niedrigsten Töne geben, werden kann.

Schädliche Erschütterungseinwirkungen des Straßenverkehrs

Die neuere Entwicklung der Straßenverkehrstechnik zu größeren Gewichten, Geschwindigkeiten und Folgedichten der Fahrzeuge beginnt schädigend in den Bestand unsrer Bauten einzugreifen, wie Dr. H. J. Menges ausführte. Die Schädigungen haben sich in manchen Fällen bis zu verderblichen Gebäudesenkungen, Einsturz von Wänden und Decken usw. entwickelt. Kann man nun einen Maßstab für die relative Schädlichkeit der einzelnen Arten der Verkehrsmittel gewinnen?

Da die Fahrzeugeinwirkung auf ein Gebäude nicht nur vom Fahrzeug, sondern auch vom Gebäude selbst und vom Baugrund in dessen Umgebung abhängt, sind bisher nur Vergleichsmessungen angestellt worden, indem man die in Gebäuden auftretenden Fahrzeugerschütterungen seismometrisch registrierte. Ein derartiges Erschütterungsdiagramm zeigt Abb. 5. Dabei kann man vergleichen

1. die Amplituden der Gebäudeschwingung,
2. die Beschleunigung der Gebäudeschwingung,
3. den Arbeitsverbrauch der Gebäudeschwingung.

Auf Grund der Vergleichsweise 1. gelten bei 4 Tonnen-Kraftlastwagen für die Schädlichkeit etwa folgende Vergleichszahlen:

20 km Geschwindigkeit

	Vollgummi	Luftreifen
Gute Straße	2,5	—
Schlechte Straße . .	8	2,5

30 km Geschwindigkeit

	Vollgummi	Luftreifen
Gute Straße	4,8	—
Schlechte Straße . .	12,5	3,8

Das Vergleichsverfahren 2 knüpft an die Einteilung der Stärke von Erdbeben an, die ebenfalls nach der Beschleunigung erfolgt. Demnach würde ein 5 t-Lastwagen mit Vollgummireifen, der mit voller Geschwindigkeit auf einer Straße von mittlerer Güte dicht an einem Gebäude vorbeifährt, hierin ein Erdbeben der Stärke 6 hervorrufen, das merkliche Bewegung des Wassers in Gefäßen, leichte Risse im Verputz usw. zur Folge hat.

Die Vergleichsart 3 an der Hand des Arbeitsverbrauches der Schwingungen nimmt Bezug auf die Widerstandfähigkeit der Werkstoffe gegen wiederholte Beanspruchungen. Nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen sind viele Werkstoffe um so mehr der Zerstörung durch Schwingungen ausgesetzt, je mehr Schwingungsenergie in ihrem Innern in Wärme verwandelt wird.

Man kann sagen, daß neben den Lastwagen mit Vollgummireifen und den motorischen Schleppern im allgemeinen auch die Straßenbahnwagen beim Fahren über Weichen und Kreuzungen gebäudeschädigende Wirkungen ausüben können. Die Ausbildung und Verbreitung dieser Versuchsverfahren wird eine Aufgabe der nächsten Zeit sein.

Untersuchung von Schwingungsmessern

In dem Vortrag von Bühler über die dynamischen Brückenmessungen war besonders betont worden, daß die technischen Verfahren für derartige Messungen noch erheblich verbessert werden müssen. Deshalb sind alle Untersuchungen, die über die Eigenschaften der Meßinstrumente zahlenmäßigen Aufschluß geben, besonders wichtig. Zu diesen Untersuchungen gehört auch die von Dr. Gg. Reutlinger, die der Prüfung von Schwingungsmessern nach dem Seismometerverfahren gewidmet ist. Dabei wird das Gerät einer harmonischen Ortsveränderung von bekannter Größe und Frequenz unterworfen. Die Ortsveränderung (Schwingung) gibt das untersuchte Gerät vergrößert wieder. Die Vergrößerung soll ein Festwert sein, der von den Frequenzen, die genügend hoch über der Eigenfrequenz liegen, unabhängig sein muß. Ferner muß das Gerät schon ganz kleine Frequenzen anzeigen, weil es sonst Reibung hat, die die Meßangaben fehlerhaft macht.

Abb. 6 bis 12 zeigen die Vergrößerungen für verschiedene Meßgeräte: ein Vibrograph nach Dr. Geiger, ein Vibrometer nach Dr. Lehr und ein Senkrecht-Schwingungsmesser nach Dr. Reutlinger. Der Vibrograph hat einen befriedigenden Wirkungsbereich für die kleinen Vergrößerungen 3 und 6 etwa von 5 Hertz an aufwärts. Die Reibung läßt ihn erst bei 3 Hertz anspringen; bei der Vergrößerung 12 beginnt der brauchbare Arbeitsbereich bei 9 Hertz, für die Vergrößerung 24 erst bei 14,5 Hertz. Das Vibrometer springt zwar schon bei 1,5 Hertz an, ein Bereich konstanter Anzeige bildet sich bei Frequenzen bis zu 14 Hertz nicht aus. Das elektrodynamisch anzeigende Gerät von Dr. Reutlinger ist naturgemäß praktisch reibungsfrei und springt bei 0 Hertz an; der Brauchbarkeitsbereich

Abb. 6 und **8**
Resonanzkurven des Vibrographen nach Dr. Geiger.

Abb. 9 bis **11**
Resonanzkurve des Vibrometers nach Dr. Lehr

Abb. 12
Resonanzkurve des Senkrecht-Schwingungsmessers nach Dr. Reutlinger.

Abb. 13
Zusammenstellung der Resonanzkurven sämtlicher untersuchter Spannungsmesser.

eginnt bei 3 Hertz. Über 15 Hertz sind die Versuche bis-
er nicht ausgedehnt.

Zu den Meßgeräten, die den Gesetzen der Schwingungs-
hre unterworfen sind, gehören auch die Spannungsmesser,
nsbesondere für die bei Brücken auftretenden Beanspru-
hungen. Aus der von der Deutschen Reichbahn-Gesell-
haft kürzlich veranlaßten Untersuchung[7a]) der wichtigsten
ieser Geräte sei das Endergebnis in Abb. 13 angeführt.
uch bei den Spannungsmessern gibt es Brauchbarkeits-
ereiche, die sich je nach der Bauweise des Gerätes bis
u verschieden hohen Frequenzen erstrecken. Erreicht ist
sher mit optisch-photographisch aufgezeichneten Geräten
n Brauchbarkeitsbereich von etwa 90 Hertz. Die Ver-
uchsfrequenzen erstreckten sich dabei bis etwa 140 Hertz.

Seismische Untersuchungstechnik für Zwecke der Wirtschaft und des Verkehrs

In die Verfahren der Erdbebenforschungen führte der
ortrag von Prof. Dr. G. Angenheister, Potsdam.
iese fußen auf den Seismometern, mit denen man die
einsten Erschütterungen des Bodens aufschreiben kann.
tsprechend ihrer großen Empfindlichkeit sind sie bedeu-
nd größer und schwerer als die technischen Geräte, die
f den gleichen Grundsätzen beruhen, aber weniger genau
nd. Bei der Weiterentwicklung der technischen Geräte
rd man daher wohl die Erfahrungen der seismischen
ntersuchungstechnik beachten müssen.

Die Erdbebenforschung hat durch Auswertung des in
n letzten Jahrzehnten gewonnenen Beobachtungsstoffes
ufschluß geschaffen über den Aufbau des Erdinnern, ins-
besondere über die Dichteverteilung in den verschiedenen
Schichten des Erdkörpers.

Die seismometrischen Verfahren werden aber auch
neuerdings angewendet, um Bodenforschungen im Kleinen
anzustellen, wenn es sich um die Erkundung wirtschaftlich
wichtiger Störungsgebiete in Gestalt abbauwürdiger Ge-
birgsstöcke, Salzlager usw. handelt. Die Wellenzüge, deren
„Störung" zu diesem Zweck untersucht wird, ruft man
hervor durch Explosion kleiner Sprengstoffmengen. Ferner
bieten auch die Erdbodenwellen, die von Maschinen und
Fahrzeugen hervorgerufen werden und die genugsam be-
kannten Erschütterungswirkungen erzeugen, für die seis-
mometrischen Methoden ein Betätigungsfeld, auf dem sich
Ingenieure und Geophysiker die Hand reichen.

Arbeitsaufnahme von Werkstoffen bei dynamischer Beanspruchung

Neuere Erfahrungen haben gezeigt, daß die Beanspru-
chung von Maschinenteilen durch schwingende Belastung in
hohem Maße von der Tätigkeit der Werkstoffe beeinflußt ist,
einen Teil der zur Verformung aufgewandten Arbeit zu ver-
zehren. Eine Versuchsart, diese Arbeit zu messen, ist, wie
Prof. A. Esau berichtete, im Institut für technische Physik,
Jena, durch Dr. E. Voigt ausgearbeitet worden[8]). Mit
dieser Versuchsart wurde die Abhängigkeit der Dämpfung
verschiedener Metalle, wie Eisen, Stahl, Kupfer, Messing
und von Glas und Porzellan von der Wechselbelastung be-
stimmt. Bei Eisen und Stahl sind zwei Belastungsgebiete
zu unterscheiden; sie werden durch einen kritischen Punkt
festgelegt, der mit der Dauerfestigkeit eng verknüpft ist.
Die Methode gestattet außerdem die unmittelbare Be-
stimmung des dynamischen E-Moduls.

[7a]) Untersuchung von Spannungs- und Schwingungsmessern für Brücken, Berlin 1928. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittel-G. m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn.

[8]) Die Untersuchung erscheint in der Zeitschr. f. techn. Phys. 1928.

Schwingende, Leistung übertragende Arbeitsmaschinen

Diesem, neuerdings sich immer stärker entwickelnden Gebiet der Anwendung mechanischer Schwingungen waren die Vorträge von Direktor H. Schieferstein, von Direktor von Bohuszewicz, von Dr.-Ing. E. Lehr[9]) sowie die Besichtigung der Maschinenfabrik Carl Schenck, Darmstadt, gewidmet. Es handelt sich hierbei um die technische Anwendung der Resonanz bei schwingenden Mechanismen, derart, daß Nutzleistung, Verlustleistung und Betriebsfrequenz etwa nach Abb. 14 abgestimmt werden, wodurch sich eine Anordnung mit günstigstem Wirkungsgrad ergibt. Die Anwendung dieses aus der elektrischen Schwingungstechnik bekannten Zusammenhanges auf zahlreiche Gebiete der mechanischen Schwingungen hat H. Schieferstein seit längerem empfohlen und ausgearbeitet. Vor allem zeigt er Wege zu rechnerischer Bestimmung schwingender Mechanismen, wobei die Begriffe der Dämpfung und Koppelung von besonderer Wichtigkeit sind.

Die Vielgestaltigkeit der Mechanismen, die zur Schwingungsübertragung verwendet werden können, macht es wünschenswert, die Koppelungsarten der klassischen Schwingungstheorie, nämlich die Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Wegkoppelung, durch die Zeitkoppelung zu erweitern. Von Zeitkoppelung kann man überall da sprechen, wo die Energieübertragung zwischen den gekoppelten Systemen mit Unterbrechungen vor sich geht und demnach die Stärke der Koppelung abhängig ist von der Größe gewisser Zeitabschnitte. Beispiele derartig gekoppelter Systeme sind: Dampfkolbenmaschine und Regulator, Pendel und Steigrad der Uhr, Freilaufantrieb.

Von den zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten sind praktisch oder für Versuchszwecke ausgeführt worden: Glockenläutmaschinen, Schüttelförderer, Siebmaschinen, Übersetzungsgetriebe u. a. m.

Das besondere Anwendungsgebiet, das Direktor von Bohuszewicz behandelte, sind die Werkstoffprüfmaschinen für wechselnde Beanspruchung. Auch bei diesen, mögen es nun Dauerprüfmaschinen für Verdrehung, Zug oder Biegung sein, wird das Prinzip der Abstimmung zwischen Betriebsfrequenz und Eigenfrequenz der Maschine benutzt. Hier sind besondere Maßregeln zu treffen, weil es sich um Meßvorrichtungen handelt, die die zur Formänderung der Werkstoffe nötigen Kräfte, die dabei auftretenden Arbeitsver-

[9]) Der Vortrag von Dr. E. Lehr erscheint in der Zeitschrift f. techn. Phys. 1928.

Abb. 14
Nutzleistung und Verlustleistung bei schwingenden Arbeitsmaschinen.

luste, Erwärmungen usw. möglichst fehlerfrei angeben sollen.

Dr. E. Lehr wendet sich hauptsächlich baulichen und Bemessungsfragen zu. Denn die Schwingungsmaschinen sind heute schon eine Ware geworden, für die Kalkulation und Gewährleistungen nötig sind. Von Wichtigkeit ist die Regelung der Maschinen, also eine Betriebsfrage. Von besonderer Bedeutung für alle Arten von Schwingungsmaschinen ist die „Federfrage". Alle mechanischen Schwingungsmaschinen haben als wesentliche Bestandteile federnde Organe, die rasch wechselnden Beanspruchungen unter voller Last unterworfen sind. Dr. Lehr hat für diesen Zweck geglühten, nicht gehärteten Federstahl als geeigneten Werkstoff gefunden.

Technik und Entwicklung der Auswuchtmaschinen

Über dieses ältere, in der Neuzeit stark entwickelte Gebiet der Schwingungstechnik gaben Vorträge von Dr.-Ing. E. h. E. Schenck und Dr.-Ing. H. Heymann einen Überblick.

Die Entwicklung der Auswuchtmaschinen hat von der Technik der Waagen, die bei der Maschinenfabrik Carl Schenck, Darmstadt, heimisch war, ihren Ausgang genom men: Das Ausbalancieren von Drehkörpern war zuerst ei „Auswägen". Als sich im Laufe der technischen Entwick lung herausstellte, daß es nicht genügt, durch die „Aus wägung" die Schwerpunktfehler der Drehkörper zu besei tigen, sondern daß auch die Achsenfehler schädlich sei können, kam man zum „Auswuchten", d. h. zur „dynami schen" Auswuchtmaschine gegenüber der „statischen Wägung.

Heute werden Schwerpunktfehler und Achsenfehle auf einheitlichen Maschinen des Systems Lawaczek-Hey mann behandelt, deren Konstruktion in einer Reihe vo Stufen Drehkörpern im Gewicht von 80 t bis herunter z 500 g angepaßt ist.

Schlußbemerkung

Die Darmstädter Schwingungstagung hat drei Tag unter unermüdlicher Ausdauer der Teilnehmer, der Vor tragenden und Redner zum Meinungsaustausch gewährt un wie es scheint, ihren Zweck, zur Förderung der Erkenntniss auf dem Gebiete der mechanischen Schwingungen beizu tragen, erfüllt. [M 1630]

H. A. Lorentz †

Am 4. Februar 1928 starb zu Haarlem Hendric Antoon Lorentz; er war der große Klassiker der theoretischen Physik, der die romantische und revolutionäre Entwicklung der letzten dreißig Jahre vorbereitet, aber nicht mitgemacht hat. Das Kennzeichen seiner Arbeiten war Klarheit, Sachlichkeit und meisterhafte Beherrschung der mathematischen Hilfsmittel. Das beispiellose Ansehen, das er nicht nur in seiner engeren holländischen Heimat, sondern in der ganzen internationalen Gelehrtenwelt genoß, gründete sich aber nicht nur auf seine Arbeiten, sondern ebensosehr auf seine bezaubernde Persönlichkeit. Vermöge einer unglaublich schnellen Einfühlung in die Gedankengänge der Jüngeren, einer vollkommenen Beherrschung der Fremdsprachen und einer eigentümlichen Grazie der Umgangsformen, war er der gegebene Präsident bei internationalen Kongressen. Wir haben ihn früher bei den Solvay-Kongressen und noch letztes Jahr bei dem Volta-Kongreß in Como bewundert, wo er einen zusammenfassenden formvollendeten Schlußbericht über die wissenschaftlichen Erträgnisse des Kongresses gab, an Jahren der Älteste, an Geist der Beweglichste und Vielseitigste.

Vor dem Kriege hielt er enge Fühlung mit dem deutschen gelehrten Schrifttum. Von seinen gesammelten Werken ist Band 1 bei Teubner erschienen; seine Artikel über Maxwellsche Theorie und Elektronentheorie für den physikalischen Band der Mathematischen Enzyklopädie bilden die größte Zierde des Werkes. Daß diese Zusammenhänge durch den Krieg jäh zerrissen sind, haben die deutschen Verehrer des großen Mannes aufs schmerzlichste empfunden.

Lorentz begann seine wissenschaftliche Arbeit mit der Vertiefung der Maxwellschen Theorie, d. h. mit der Schöpfung seiner Elektronentheorie. Der „Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern", Leiden 1895, wieder abgedruckt bei Teubner 1906, faßt seine endgültigen Ergebnisse in klassischer Form zusammen und bildet zugleich die Grund lage, auf der Einstein die Relativitätstheorie auf bauen konnte. Einstein hat seiner besonderen Verehrun für seinen Vorläufer dadurch Ausdruck gegeben, daß e die wichtigsten Teile der Relativitätstheorie mit dem Name von Lorentz schmückte: die Bezeichnungen „Lorentz-Trans formation", „Lorentz-Kontraktion" werden auch in Zu kunft von der divinatorischen Gabe zeugen, mit der Lorent gewisse Teilergebnisse der Relativitätstheorie vorwegge nommen hat. Freilich hat sich Lorentz lange gesträub die neue Begriffswelt in vollem Umfange anzunehmen. E hielt innerlich an dem starren Äther als Vermittler de elektromagnetischen Wirkungen fest. Auf der ander Seite war er imstande, dank seiner außerordentliche mathematischen und physikalischen Tiefe, wichtige Be träge zur allgemeinen Relativitätstheorie zu liefern.

Ähnlich wie zur Relativitätstheorie war seine Stellun zur Quantentheorie. Sein Ausstrahlungsgesetz für beweg Elektronen war eine notwendige Vorbereitung der Planck schen Quantentheorie. Sein Hauptinteresse aber galt de Frage, wie die Quantentheorie gegen die klassische Theori abzugrenzen sei, wie die Widersprüche, die nicht zu bese tigen waren, am klarsten herausgearbeitet werden könnte Noch viele andere Grundfragen der Physik, z. B. die Theori der metallischen Leitung und die hydrodynamsiche Auffa sung der turbulenten Strömungen, sind mit seinem Name verknüpft. Wir haben einen „Lorentz-Faktor" in de Theorie der Röntgenstrahl-Interferenzen, ein „Loren Lorentzsches Gesetz" in der Dispersionstheorie.

Von seinem Lehramt in Leiden hat er sich frühzeiti mit 60 Jahren, zurückgezogen und er lebte als Leiter de Taylor-Museums in Haarlem, sofern er nicht durch Vo trags- und Organisations-Aufgaben zu Auslandreisen ve anlaßt war. Als Zeichen seiner unerhörten Vielseitigke mag schließlich angeführt werden, daß er als Siebziger i den Plänen zur Trockenlegung der Zuider-See einen Fehl entdeckt und die Entwürfe umgestaltet hat.

München [P 1837] A. Sommerfeld

Der Schutz von Hochspannungsnetzen gegen Überspannungen

unter besondrer Berücksichtigung des Erdschlußschutzes

Von Dipl.-Ing. H. Weßner, Berlin

Die Überspannungen in elektrischen Leitungsnetzen und ihre Bekämpfung — Der Erdschlußlichtbogen als der gefährlichste Überspannungserreger und der Ausgleich des Erdschlußstromes als der wirksamste Schutz dagegen.

Überströme und Überspannungen sind die Ursachen für einen großen, wenn nicht den größten Teil aller Störungen der elektrischen Kraftübertragung; sie sind daher von ausschlaggebender Bedeutung für die Zuverlässigkeit des Betriebes. Die Mehrzahl der Strombezieher, in erster Linie die Großstädte und die Großindustrie, verlangt eine stetige Stromlieferung. Das Ziel der Technik geht infolgedessen dahin, zuverlässige Schutzeinrichtungen zu schaffen, die die unvermeidlichen Störungen in den Hochspannungsnetzen auf ein erträgliches Maß herabsetzen.

Die Frage nach dem Schutz gegen Überströme und Überspannungen darf als gelöst betrachtet werden, wenn es gelingt, die Störungen im Keime zu unterdrücken. Das kann man aber nicht in allen Fällen erreichen, wenigstens heute noch nicht. Es ist aber schon ein großer Schritt vorwärts getan, wenn Mittel geschaffen werden, mit deren Hilfe man die Störungen örtlich und zeitlich so einschränkt, daß die unbeschädigten Teile der Anlagen nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.

Ursachen der Überspannungen

Ihren Ursprung haben die Überspannungen in Schaltvorgängen, gewollten und ungewollten, in atmosphärischen Störungen und im aussetzenden Erdschluß[1]). Jeder Schaltvorgang löst dadurch, daß eine Spannung plötzlich auftritt oder plötzlich zusammenbricht, Wanderwellen mit steiler Stirn — sogenannte Sprungwellen — aus. Durch die steile Stirn werden Spannungsunterschiede zwischen den benachbarten Teilen ein und desselben Leiters, z. B. zwischen benachbarten Windungen eines Stromerzeugers oder Umspanners bedingt, die bedeutend höher sind als die betriebsmäßig dort auftretende Spannung[2]).

Überspannungen, die auf atmosphärischen Erscheinungen beruhen, sind naturgemäß nur in Freileitungsnetzen zu erwarten, ihre ungefährlichste Form ist die sich langsam ausbreitende statische Ladung. Blitzschläge sind nicht nur bei unmittelbarem Einschlag in die Leitungsanlage, sondern bereits beim Niedergehen in ihrer Nähe gefährlich. Es treten plötzlich hohe Spannnungen gegen Erde auf, die aber eine so flache Stirn haben, daß man sie nicht als Sprungwelle bezeichnen kann. Jedoch kann ihre Spannung an Reflexionspunkten, z. B. an offenen Leitungsenden, so erhöht werden, daß schwächer isolierte Anlageteile gefährdet sind.

Bekämpfung der Überspannungen

Überspannungen jeder Art macht man dadurch unschädlich, daß die ihnen innewohnende Energie durch dämpfende, Energie verzehrende Apparate aufgenommen wird.

Stromerzeuger und Umspanner schützt man gegen Sprungwellen, indem man die Eingangswindungen verstärkt. Das läßt sich aber nur bis zu einem gewissen Grade durchführen und stellt daher keinen vollkommenen Schutz dar. Deshalb schaltet man Schutzdrosselspulen vor, die die Eigenschaft haben, Spannungswellen mit steiler Stirn „abzuschleifen". Jedoch birgt die einfache Schutzdrosselspule eine Gefahrenquelle in sich: Die Spannungswelle findet infolge der in einem Punkte vereinigten Induktivität den Weg im ersten Augenblick fast vollkommen versperrt; sie wird reflektiert, und anstatt einer Verbesserung ist eine Verschlechterung eingetreten. Deshalb schaltet man der Drosselspule einen ohmschen Widerstand parallel, so daß die Wanderwelle im Augenblick des Auftreffens über diesen Widerstand teilweise in die andere Leitung übertreten kann, wobei ein Teil ihrer Energie im ohmschen Widerstand in Joulesche Wärme umgesetzt wird. Diese Drosselspulen-Schaltung nennt man Campos-Spule.

Eine neue Art von Schutzdrosselspulen, mit zwei Spulen auf einem gemeinsamen Eisenkern, der innen reichlichen Luftspalt aufweist, hat M. Vidmar angegeben[3]); über diese Anordnung müssen aber noch praktische Erfahrungen gesammelt werden.

Zur Bekämpfung der bei betriebsmäßigem Schalten auftretenden Gefährdungen verwendet man Ölschalter mit Vorstufen, deren Vorkontakte beim Einschalten den Stromstoß, beim Ein- und Ausschalten die Überspannungen vermindert.

Statische Ladungen leitet man über Erdungs- oder Ableitungsdrosselspulen mit verhältnismäßig hohem Widerstand sicher und gefahrlos ab.

Gegen Gewitterüberspannungen sind ein vorzüglicher Schutz Funkenableiter mit in Reihe geschalteten Dämpfungswiderständen[4]). Eine kennzeichnende Form dieser Ableiter stellt der Bendmannschutz[5]) dar, bei dem die Funkenstrecke nach dem Überschlag unter Öl kurzgeschlossen wird, so daß sich kein Lichtbogen entwickeln kann. Beim Öffnen dieser Kurzschließvorrichtung wird der der Entladung nachfolgende Maschinenstrom unter Öl unterbrochen.

Es sei hier betont, daß vor allem der sachgemäß ausgeführte Bau der Leitungen und sonstigen Teile der Anlagen, besonders die ausreichende Bemessung der Isolation einen großen Teil der Störungen unschädlich macht.

Ursachen des Erdschlusses

In Freileitungsnetzen kann man als die wichtigsten Erdschlußerreger Vögel und Gewitter ansprechen; weiterhin Nebel, Taubildung, Verschmutzung der Isolatoren, Sturm, Eislast und die unzähligen Möglichkeiten der Berührung der Leitungen durch Fremdkörper. In Kabelnetzen kommen naturgemäß diese Ursachen weniger oder gar nicht in Betracht, jedoch kann auch hier eine ganze Reihe Anlässe zu Erdschlüssen auftreten, z. B. mechanische Beschädigungen bei Erdarbeiten, Einbeulen und Knicken beim Auslegen der Kabel, Bruch der Isolierschichten, Verletzungen oder Durchlässigkeit des Bleimantels und infolgedessen Eindringen von Feuchtigkeit u. a.

Der Erdschluß äußert sich in den seltensten Fällen als ein sogenannter „satter" Erdschluß mit unmittelbarem Stromübergang; fast stets wird er von einer mehr oder minder starken Lichtbogenbildung begleitet sein.

In Netzen mit niedrigem Erdschlußstrom verlischt der auf irgendeine Weise eingeleitete Erdschluß-Lichtbogen in der Regel sehr rasch von selbst, so daß mit dem Verschwinden der Ursache für den Erdschluß auch dieser selbst verschwindet. Überschreitet jedoch der Erdschlußstrom einen kritischen Wert, der bei ungefähr 3 A liegt, so bleibt der Erdschluß-Lichtbogen stehen; er ist äußerst beweglich und kann sich zu großen Längen ausziehen. Bei höheren Spannungen führt er mit Leichtigkeit zur Überbrückung benachbarter Phasen. Der Erdschluß wird so zum Kurzschluß, der zum Abschalten der betroffenen Leitung und damit zu einer unangenehmen Betriebunterbrechung führt. Trotz der kurzen Brenndauer des Kurzschluß-Lichtbogens werden die Leitungen stark angegriffen und geschwächt. Leitungsbrüche an den geschwächten Stellen lassen sich nur durch eine peinliche Beaufsichtigung der Leitung und kostspielige Instandsetzungsarbeiten vermeiden.

[1]) Vergl. ETZ Bd. 46 (1925) S. 472.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1325.
[3]) Vergl. ETZ Bd. 48 (1927) S. 801.
[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1325.
[5]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 26 S. 912.

Der nicht zum Kurzschluß führende Erdschluß-Lichtbogen kann lange Zeit am übergeschlagenen Isolator brennen. Die Isolatoren springen dann, werden zertrümmert und gegen die Stütze durchgeschlagen. Der im engen Durchbruchkanal brennende Erdschluß-Lichtbogen genügt, selbst wenn er nur schwach ist, zum Schmelzen der Bunde und der Leiter selber, die Leitungen „brennen ab". Auch bei Isolatorendurchschlägen aus andern Ursachen bringt erst der Erdschlußstrom hinreichender Größe die Gefahr des Leiterbruches mit sich.

Der lang ausgezogene Erdschluß-Lichtbogen ist der gefährlichste Überspannungserreger; ihm ist u. a. die Schuld an den meisten bei Gewittern auftretenden Überspannungschäden beizumessen. An den nicht vom Erdschluß betroffenen Phasen entstehen Überspannungen mit der 4- bis 4,5fachen, an der erdgeschlossenen Phase mit der 3,5- bis 4fachen Phasenspannung. Besonders die letzte Erscheinung ist überraschend, sie macht die Gefährlichkeit der aussetzenden Erdschlüsse verständlich und erklärt die schwere Löschbarkeit des Erdschluß-Lichtbogens, dem für Nachzündungen ein Vielfaches der Phasenspannung zur Verfügung steht.

Der Erdschluß-Lichtbogen brennt nicht dauernd, er setzt aus und zündet wieder. Und zwar kann dieser taktmäßige Wechsel zwischen Zünden und Löschen Tausende von Perioden anhalten. Jede Zündung führt zunächst zur Bildung von Wanderwellen mit steiler Stirn, welche die Isolation aufs schärfste gefährden, da sich die Zündungen Halbperiode für Halbperiode wiederholen. Diesem Trommelfeuer stoßkräftiger Wellen ist nicht jede Isolation gewachsen. Die Wanderwellenschwingungen gehen in langsamere, sinusartige Entladeschwingungen der erdgeschlossenen Phase über, auf welche Schwingungen des ganzen Netzes folgen; örtliche Überspannungen in beliebigen Punkten des Netzes können die Folge sein.

Diese Rückzündungserscheinungen treten in gleicher Weise in Freileitungsnetzen wie in Kabelnetzen auf. Daß hier der Erdschluß fast immer zum Kurzschluß führt, liegt daran, daß die Erdschluß-Stromstärke in Kabelanlagen infolge der erheblich größeren Kapazität der Leitungen viel größer als bei Freileitungsanlagen ist. Man kann in größeren Kabelnetzen Erdschluß-Stromstärken von mehreren 100 A feststellen, und es ist klar, daß die gewaltige Energie, die sich bei derartigen Stromstärken im Erdschluß-Lichtbogen auswirkt, große Zerstörungen zur Folge hat, da die Isolation der erdschlußfreien Adern fast augenblicklich verbrennt, so daß ein Kurzschluß herbeigeführt wird. Dieser Vorgang wird durch die gedrängte Anordnung der Leiter im Kabel weitestgehend begünstigt. Da die Kurzschluß-Stromstärke nun in der Regel noch erheblich größer ist als die Erdschluß-Stromstärke, so ist die jetzt einsetzende weitere Zerstörung noch viel größer; man ist deshalb bei Betrachtung der Fehlerstelle geneigt, den neben dem Kurzschluß festgestellten Erdschluß nur als Begleiterscheinung anzusprechen, aber nicht als den Ursprung des ganzen Schadens.

Bekämpfung des Erdschlusses

Zur Beseitigung dieser Gefahren dienen der Löschtransformator der Siemens-Schuckertwerke nach Bauch[6]), die Dissonanzspule von Brown, Boveri & Cie. nach Jonas[7]) und die Erdschlußspule der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft nach Petersen[8]). Sie begrenzen den Erdschlußstrom, machen den Erdschluß-Lichtbogen unmöglich und verhindern so das Auftreten von Überspannungen infolge des Erdschlusses. Diese drei Apparate stellen verschiedene Ausführungen ein und desselben Grundgedankens dar:

Den voreilenden Erdschlußstrom I_e hebt ein nacheilender Strom I_0 auf, den eine zwischen den Nullpunkt der Anlage und Erde geschaltete Induktivität aufnimmt. Abb. 1 zeigt die Verhältnisse für ein Einphasennetz; bei einem Drehstromnetz liegen sie sinngemäß gleich.

Abb. 1 Gedachte Überlagerung der Ströme.

Abb. 2 Wirklicher Stromverlauf.

Abb. 1 und 2 Erdschlußspule in einem Einphasennetz.

K_1, K_2 Kapazitäten der Phasen K_e Kapazität der im Erdschluß stehenden Phase L_0 Induktivität der Erdschlußspule I_e Erdschlußstrom I_0 Spulenstrom (induktiver Strom) I_r Reststrom

Im Erdschluß steht der Nullpunkt unter der Phasenspannung

$$E_p = \frac{1}{2} E_v ,$$

worin E_v die verkettete Spannung ist.

Unter der Einwirkung der Phasenspannung soll der induktive Widerstand ωL_0 der Spule einen Strom

$$I_0 = \frac{E_p}{\omega L_0}$$

aufnehmen, der die gleiche Höhe wie der Erdschlußstrom I_e hat; $\omega = 2\pi f$ ist die Kreisfrequenz, L_0 die Induktivität der Erdschlußspule. Der Strom I_0 findet die geschlossene Bahn: Phase 2 — Erdschlußpunkt — Erde — Spule — Phase 2 vor und trifft im Erdschlußpunkt sowie in dessen Zuleitungen mit dem Erdschlußstrom zusammen. Beide Ströme haben in jedem Augenblick die entgegengesetzte Richtung, sie müssen daher einander aufheben. Während Abb. 1 die gedachte Überlagerung der Ströme darstellt, zeigt Abb. 2 den tatsächlichen Stromverlauf. Der Erdschlußpunkt bleibt stromlos, der ganze kapazitive Erdschlußstrom strömt der Induktivität zu und wird von dieser aufgesogen, also aufgehoben.

Nun hat aber das Netz neben der kapazitiven Verbindung auch die Verbindung mit der Erde über die Isolationswiderstände, deren Gesamtheit, wenn man die große Zahl der Isolatoren und insbesondre der Netzumspanner ins Auge faßt, einen nicht unbeträchtlichen Wattstrom aufnimmt. Schließlich bedingen auch die Verluste der dielektrischen Nachwirkung und der Ausgleicheinrichtung, die je nach der Bauart verschieden groß sind, eine weitere leichte Verdrehung der Phasen des Erdschlußstromes und des Stromes der Ausgleicheinrichtung. Abb. 3 zeigt, wie sich die Wattkomponenten des Erdschluß- und des induktiven Stromes zusammensetzen. Sie sammeln sich im Erdschlußpunkt und bilden den reinen Reststrom I_r.

Wenn eingangs gesagt wurde, daß der kritische Wert des Erdschlußstromes, von dem ab man mit dem Stehenbleiben des Erdschlußlichtbogens rechnen kann, etwa 3 . beträgt, so sei hier darauf hingewiesen, daß der Reststrom als ein rein ohmscher Strom bedeutend ungefährlicher ist, da er mit der Spannung in Phase liegt, also gleichzeitig mit ihr durch null geht und so das stete Wiederzünden des Lichtbogens längst nicht in dem Maße fördert, wie der um 90° phasenverschobene Erdschlußstrom. Man hat durch Versuche festgestellt, daß der Lichtbogen erst bei rd. 30 . Wattreststrom nicht mehr zum Verlöschen kommt.

Die von der AEG und von BBC gebauten Löscheinrichtungen, nämlich die Erdschlußspule, Abb. 4, und die Dissonanzspule, stellen Lösungen der Erdschlußkompensation dar, die dem angeführten Beispiel am nächsten kommen: eine Induktivität, die einen nacheilenden Strom in Höhe des zu erwartenden Erdschlußstromes aufnimmt, wird zwischen einen Nullpunkt der Anlage und Erde geschaltet. Dieser Nullpunkt kann entweder an den Umspannern vorhanden sein, und das wird meistens der Fall sein, oder es muß ein künstlicher Nullpunkt geschaffen werden. Es liegt auf der Hand, daß eine Löschspule bei Erdschluß eine Nullpunktbelastung des Umspanners darstellt und daß dies

[6]) Vergl. ETZ Bd. 41 (1920) S. 827.
[7]) Vergl. Elektrot. u. Maschinenbau. Wien Bd. 38 (1920) S. 453.
[8]) Vergl. ETZ Bd. 40 (1919) S. 5 u. f.

Abb. 3
Zusammensetzung des Erdschlußstromes I_e und des induktiven (Ausgleich-) Stromes I_0 zu dem Reststrom I_r.

Abb. 5
Grundschaltung des Löschtransformators nach Bauch, Bauart der Siemens-Schuckertwerke.

elastung schon mit Rücksicht auf seine zulässige Erwärung in gewissen Grenzen bleiben muß. Man kann fol-.nde Regeln als allgemein gültig zugrunde legen: Der ıschluß einer Löschspule an einem vorhandenen Um-.anner ist möglich, wenn

1. bei einem Umspanner in Stern-Dreieck-Schaltung seine Nennleistung das Doppelte der Spulenleistung beträgt, wobei er in Kern- oder Mantelbauart ausgeführt sein kann,
2. bei einem Umspanner in Stern-Stern-Schaltung seine Nennleistung das Fünffache der Spulenleistung beträgt, wobei jedoch nur die Kernbauart Verwendung finden kann. Mantelumspanner in Stern-Stern-Schaltung gestatten dann den Anschluß, wenn sie eine dritte Wicklung in Dreieck haben, die der Spulenleistung entspricht.

Sollten im zu schützenden Netze keine geeigneten Umsinner vorhanden sein, so muß man, wie gesagt, einen kıstlichen Nullpunkt schaffen. Hierzu dient eine dreiısige Drosselspule, die in Zickzack geschaltet ist. Man vsieht diese Drosselspule zweckmäßig mit einer Sekund:wicklung, die eine den Erfordernissen entsprechende Listungsentnahme gestattet. Dadurch wird der „Nullpıkt-Umspanner" zu einem „Leistungsumspanner". Die AG bildet ihre Nullpunkt-Umspanner so aus, daß sie die gichzeitige Belastung des Nullpunktes im Erdschluß und d Leistungsentnahme aus der Sekundärwicklung ge-ıtten.

Sowohl BBC als auch die AEG versehen ihre Spulen m Anzapfungen, die eine Anpassung an die verschiedenı Schaltzustände eines Netzes ermöglichen. Diese Anzıfungen werden entweder unter Öl umgeschaltet oder ür Deckel geführt und dann mittels Trennmesser umgescaltet.

Man erhebt häufig wegen der anscheinend erforderlien genauen Übereinstimmung zwischen Spulen- und Elschlußstrom Einwände gegen die Verwendung von Lıchspulen. Diese Übereinstimmung ist auch tatsächlich nht in allen Fällen erreichbar. Man muß mit einer häufin Zu- und Abschaltung von Leitungen rechnen, außerda befinden sich die Netze in dauernder Entwicklung ul Erweiterung. Die Erdschlußspule an die stets wechseıden Leitungslängen jedesmal anzupassen, dürfte also pıktisch nicht möglich sein.

Das ist aber auch gar nicht notwendig; denn die Spule eıhrt hinsichtlich ihrer Löschfähigkeit selbst bei starken Vstimmungen keine Einbuße. BBC stehen sogar auf dem Sldpunkt, daß aus gewissen Gründen eine Verstimmung aıustreben ist. Versuche ergaben folgendes: Eine Fehlalleichung von ± 10 vH unterscheidet sich in bezug auf di Löschwirkung nicht im geringsten von der genauen Aıleichung. Bei Fehlabgleichungen von ± 20 vH ist mst ein Hellerwerden des Unterbrechungsfunkens zu beıken; doch lassen sich die Erdschlußrestströme z. T. ıch funkenlos abschalten. Erst bei ± 30 vH Fehlabgleichung ist eine deutliche Verschlechterung festzustellen. Es ist jedoch immer noch mit einer praktisch vollauf ausreichenden Löschbarkeit des Erdschluß-Lichtbogens zu rechnen. Man wird, um sicher zu gehen, die Grenzen bei ± 25 vH Fehlabgleichung ziehen.

Die SSW haben einen etwas abweichenden Ausgleich für Erdschlußstrom entwickelt: den Löschtransformator, dessen Grundschaltung in Abb. 5 dargestellt ist. Es würde zu weit führen, hier seine Theorie zu entwickeln; es kann nur gesagt werden, daß der Enderfolg der gleiche ist wie bei den Löscheinrichtungen von BBC und der AEG, nämlich Löschung des Lichtbogens oder seine Unterdrückung im Entstehen und damit die Verhinderung der Überspannungen.

Eine Streitfrage war lange Zeit, für welche Betriebsdauer die Löscheinrichtungen zu bemessen sind. Die Erkenntnis hat Platz gegriffen, daß es zweckmäßig ist, sie für Dauerbetrieb, zum mindesten für zweistündigen Betrieb zu bemessen. Denn das ist ja gerade der Vorteil, den ein kompensiertes Netz genießt, daß bei Erdschluß die kranke Leitung nicht abgeschaltet zu werden braucht, sondern der Betrieb aufrechterhalten bleiben kann, bis geeignete Umschaltungen vorgenommen sind, die sich aber in vielen Fällen nicht schnell durchführen lassen. Es sind Fälle bekannt, in denen man gezwungen war, bis zu 10 Stunden lang trotz Erdschlusses Strom zu liefern.

Bei Netzen großer Ausdehnung wird es häufig vorkommen, daß einzelne Netzteile voneinander unabhängig betrieben werden; dann muß man für jeden Netzteil je eine Löscheinrichtung entsprechender Abmessung aufstellen. Es empfiehlt sich, dabei auf die mögliche Überlappung der Netzteile Rücksicht zu nehmen.

Die genannten Löscheinrichtungen können nur den Erdschlußstrom der Grundwelle ausgleichen, etwa vorhandene höhere Harmonische aber nicht erfassen. Unter den höheren Harmonischen ist es insbesondere die fünfte, die verhältnismäßig häufig in Erscheinung tritt. Ihre Ursache hat sie in den meisten Fällen darin, daß vielfach Umspanner mit hoher Eisensättigung eingebaut sind, deren Magnetisierungsstrom eine kräftig ausgeprägte fünfte Oberwelle

Abb. 4
Erdschlußspule der Allg. Elektricitäts-Gesellschaft für 110 kV Betriebspannung und 5125 kVA.

enthält. Je schwächer diese Umspanner belastet sind, desto mehr wirkt der Magnetisierungsstrom auf die Spannungskurve und damit auf den Erdschlußstrom ein. Weitaus seltener ist eine verzerrte Spannungskurve, die ihren Ursprung in einer schlechten Maschinenspannungskurve hat. Wenngleich so starke Oberwellen, daß man den Erdschluß-Lichtbogen nicht mehr löschen kann, selten auftreten, so sind doch Fälle bekannt, in denen man auch nach dem Einbau von Löscheinrichtungen mit denselben Schwierigkeiten zu kämpfen hatte wie vorher.

Die AEG hat nun in letzter Zeit auch dagegen eine wirksamen Schutz geschaffen, indem sie frequenzabhängig Widerstände (Reihen- oder Parallelschaltungen von Ko densatoren und Drosselspulen) verwendet[9]), die ähnlic eingebaut werden wie Erdschlußspulen. Die Wirkung wa so günstig, daß in einem Netz der Reststrom, der trot eingebauter Löscheinrichtung für die Grundwelle 50 v des gesamten Erdschlußstromes betrug, auf 10 vH heral gesetzt wurde. [B 1445]

[9]) DRP angem. Aktz. A 47413 u. Zusatzanmeldung A 509289.

Die Vorgänge bei der Verbrennung im Maschinenzylinder[1])

Die Maschinengase wurden dem Zylinder mittels eines Rohres entnommen, das durch den Zylinderkopf beliebig tief eingeführt wird und durch Öffnen eines Hahnes im Innern dieses Rohres auf kurze Zeit den Austritt der Gase aus dem Verbrennungsraum ermöglicht; durch eine wirksame Wasserkühlung wird die Zusammensetzung dieser Gase augenblicklich festgelegt. Das eigentliche Abschlußmittel ist ein leicht beweglicher Kegelhahn, dessen v e r l ä ß l i c h e Gasdichtheit durch besondre Ausbildung erreicht wurde. Der Hahn wird mittelbar von der Maschinenwelle angetrieben und kann bei beliebigen Kurbelwinkeln φ öffnen.

Das verdichtete Gemisch aus Frischgas, Luft und Verbrennungsrückständen ist, solange sich die Zusammensetzung des Frischgases nicht ändert, praktisch homogen. Sein Anteil an Verbrennungsrückständen ist gering.

Das Verhalten der Gemischbestandteile während der Verbrennung läßt deutlich einen bestimmten gegenseitigen Zusammenhang und eine gewisse Stetigkeit erkennen. Die Zeit der Verbrennung wird durch Abnahme des Gehaltes an CO, H_2, CH_4 und O_2 und Zunahme des Gehaltes an CO_2 gekennzeichnet. Weiterhin kann man vermuten, daß von CO und H_2 — von CH_4 des sehr kleinen Anteils wegen abgesehen — in jedem Augenblick gleiche Mengen verbrennen (kollektive Verbrennung), was sich auch geometrisch beweisen läßt.

Hiernach kann man einfach für jede Entnahmestelle den Anteil μ (Verbrennungsgrad) des verdichteten Gemischs berechnen, der bis zu einem beliebigen Zeitpunkt $\varphi(t)$ verbrannt ist; dazu dient die Verbrennungsgleichung der Gase, die in diesem Zeitpunkt durch die Gasprobe gefunden wurden. Es ist

$$\mu = \frac{CO_2' \cdot CO - CO' \cdot CO_2}{CO\,(CO_2' + CO')},$$

wenn das verdichtete Gemisch aus CO_2, O_2, CO, H_2, CH_4, N_2 Raumteilen und die zur Zeit $t\,(\varphi)$ entnommene Gasprobe aus CO_2', O_2', CO', H_2', CH_4', N_2' Raumteilen zusammengesetzt ist.

Abb. 1 zeigt den Verlauf von μ für den Fall der Entnahme aus dem Verdichtungsraum in 36 cm Tiefe (a) und 10 cm Tiefe (b), beidemal gegenüber der Zündstelle.

Dieses Ergebnis gestattet, die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme zwischen zwei Punkten des Verbrennungsraumes der Maschine anzugeben. Diese ist für die mittlere Maschinendrehzahl n, die Entfernung zweier Entnahmestellen e und den Unterschied der zusammengehörigen Entflammungskurbelwinkel d $v_m = \frac{6\,n\,e}{d}$ m/s. Für $n = 56$ Uml./min, $e = 0{,}26$ m, $d = 8{,}7°$ ist $v_m = 10{,}04$ m/s.

[1]) Auszug aus der von der Techn. Hochschule Darmstadt genehmigten Dissertation „Über gasanalytische Untersuchungen an Zweitakt-Hochofengas-Gebläsemaschinen (Bauart Körting)“.

Abb. 2
Einheitsgasteilchen im kugeligen Gefäß mit zentraler Zündstelle.

Abb. 1
Der zeitliche Verlauf der Verbrennung.
a Entnahme in 39 cm b in 10 cm Tiefe.

Die Versuche zeigen weiter, daß μ für alle Entnahme stellen und daher die Verbrennung über den gesamten Ve dichtungsraum $\Sigma\,\mu$ gleichartig verläuft: nach Beginn de Zündung und Zunahme der Temperatur schreitet die Ve brennung rasch voran, da die Gasmoleküle den Sauersto in unmittelbarer Nähe vorfinden. Danach macht sich abe bald der Einfluß der Verbrennungsprodukte hindernd be merkbar. Die Berührung von Gas und Sauerstoff wir seltener, die Verbrennung wird langsamer und hört schlief lich auf.

Aus Abb. 2, worin λ jeweils dasjenige Volumen be zeichnet, das μ Teile nach Druckausgleich mit den noc unverbrannten 1-μ Teilen einnehmen sollen, kann man di Beziehung zwischen der Zündgeschwindigkeit v (Flammer fortpflanzungsgeschwindigkeit) und μ, dem „Gasgehalt“ herleiten:

$$v = \frac{0{,}21\,\frac{d\lambda}{dt}}{\lambda^{2/3}}\ \text{m/s},$$

$$\lambda = \frac{\mu\sqrt[k]{\frac{p_2}{p_1}}}{1 - \mu + \mu\sqrt[k]{\frac{p_2}{p_1}}},$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = \frac{\sqrt[k]{\frac{p_2}{p_1}}}{\left[1 - \mu + \mu\sqrt[k]{\frac{p_2}{p_1}}\right]^2}\,\frac{d\mu}{dt}$$

worin $\frac{p_2}{p_1}$ das Verhältnis der Drücke vor und nach der Ve brennung und $\frac{d\mu}{dt}$ den zeitlichen Verlauf der Verbrennung geschwindigkeit, Abb. 1, bedeuten. Die Anwendung diese Beziehungen ergibt allgemein das bekannte Gesetz, wonac die Zündgeschwindigkeit mit abnehmendem Gasgehalt sink und gestattet, die Zündgeschwindigkeit bei bekannte $\Sigma\,\mu = f\,(t)$ für einen bestimmten Verbrennungsraum zahle mäßig zu ermitteln. [M 1576]

Offenbach Dr.-Ing. W. W a g n e r

Wärme- und Temperaturverlauf in Wänden von beliebiger Form

Von Dr. K. Lachmann, Berlin

Es wird ein Verfahren angegeben, das gestattet, die Wärmeströmung in Wänden beliebiger Form zeichnerisch zu untersuchen.

Der Ingenieur wird häufig vor die Aufgabe gestellt, den Wärmefluß in den Wandungen seiner Maschine beurteilen zu müssen. Meist ist es aber schwierig, wenn nicht unmöglich, diesen Vorgang rechnerisch zu erfassen. Es erscheint dann angebracht, die Lösung auf zeichnerischem Wege durchzuführen. Zu diesem Zweck bedeckt man den Kanal mit einem Netz von Temperatur- und Wärmestromlinien, das den Bedingungen an der Gas- und Wasseroberfläche angepaßt ist.

In Abb. 1 sind die Linien gleicher Temperatur (Isothermen) in Abständen von i zu $i\,°C$ eingetragen. Es ist

t_G die Temperatur des Gases,
ϑ_1 die Temperatur der Wand auf der Gasseite,
ϑ_2 die Temperatur der Wand auf der Wasserseite,
t_W die Temperatur des Wassers.

Die Wärme geht von dem heißeren Mittel (Gas) an das kältere Mittel (Wasser) über. Die Richtung des Wärmestromes wird durch die Wärmestromlinien angegeben. Diese seien so gezeichnet, daß durch jeden von zwei aufeinanderfolgenden Linien begrenzten Stromkanal die gleiche Wärmemenge Q hindurchgeht. Temperatur- und Stromlinien schneiden sich rechtwinklig.

Bei der Wärmeströmung ist zu untersuchen:

1. Der Übergang vom heißeren Mittel an die Wand. Ist
   F_G der Querschnitt des Stromkanals auf der Gasseite,
   α_G die Wärmeübergangszahl, so ist

$$Q = F_G\,\alpha_G\,(t_G - \vartheta_1) \quad \ldots \ldots \quad (1).$$

2. Die Wärmeleitung in der Wand. Bedeutet
   λ die Wärmeleitzahl,
   F_m den mittleren Querschnitt des Stromkanals,
   L_m die mittlere Länge des Stromkanals, so wird

$$Q = \lambda \frac{F_m}{L_m}(\vartheta_1 - \vartheta_2) \quad \ldots \ldots \quad (2).$$

Betrachtet man eine beliebige Masche des Netzes, Abb. 2, die zwei aufeinanderfolgende Stromlinien und die Temperaturlinien ϑ und $\vartheta + i$ bilden, so wird

$$Q = \lambda \frac{f_m}{l_m}([\vartheta + i] - \vartheta) = \lambda \frac{f_m}{l_m}\, i \quad \ldots \ldots \quad (3).$$

Da Q, λ und i unveränderlich sein sollen, so muß für alle Maschen das Verhältnis $f_m : l_m$ denselben Wert haben. Der Einfachheit wegen werde angenommen, daß die in die Zeichenebene fallende Projektion von f_m gleich l_m ist Dann muß in allen Maschen des Netzes die mittlere Länge gleich der mittleren Breite sein.

Zu untersuchen ist ferner:

3. Der Wärmeübergang von der Wand an das kältere Mittel. Bedeutet
   F_W den Querschnitt des Stromkanals auf der Wasserseite,
   α_W die Wärmeübergangszahl, so folgt

$$Q = F_W\,\alpha_W\,(\vartheta_2 - t_W) \quad \ldots \ldots \quad (4).$$

Wie man auf Grund der vorstehenden Betrachtungen die Temperatur- und Stromlinien aufzeichnen kann, soll an einem einfachen Beispiel gezeigt werden. In Abb. 3 sind die Abmessungen eines Körpers aus Gußeisen gegeben, dessen Querschnitte e–e für Wärme undurchlässig seien. Die Gastemperatur betrage 130 °, die Wassertemperatur 30 °. Ferner sei $\lambda = 55$, $\alpha_G = 260$ und $\alpha_W = 1250$ kcal/m²h °C. Aus Symmetriegründen braucht man nur das in Abb. 4 schraffierte Gebiet zu untersuchen.

Den Entwurf des Netzes beginnen wir an der Linie b–b, weil diese eine Stromlinie ist und die Temperaturlinien dort wagerecht einmünden. Wir müssen zunächst die Temperaturen an der Linie b–b ermitteln. Zu diesem Zweck tragen wir nach oben und unten die Strecken

$$a\,b = \frac{\lambda}{\alpha_G}\frac{F_m}{F_G} \quad \text{und} \quad b\,c = \frac{\lambda}{\alpha_W}\frac{F_m}{F_W}$$

ab, Abb. 4. Ziehen wir in den Endpunkten a und c Wagerechte, auf denen wir in einem geeigneten Maßstab t_G und t_W abtragen, und verbinden wir die freien Endpunkte, so ergeben die in den Punkten b bis zur Verbindungsgeraden gezogenen Wagerechten die zugehörigen Temperaturen. Nach Gl. (1), (2) und (4) ist nämlich

$$Q = F_G\,\alpha_G\,(t_G - \vartheta_1) = \frac{\lambda\,F_m}{L}(\vartheta_1 - \vartheta_2) = F_W\,\alpha_W\,(\vartheta_2 - t_W),$$

wobei L die Länge des Stromkanals ist; hieraus folgt

$$(t_G - \vartheta_1) : (\vartheta_1 - \vartheta_2) : (\vartheta_2 - t_W) = \frac{\lambda}{\alpha_G}\frac{F_m}{F_G} : L : \frac{\lambda}{\alpha_W}\frac{F_m}{F_W}.$$

Abb. 1
Temperatur- und Wärmestromlinien.

Abb. 2
Masche des Netzes.

Abb. 3
Gegebener Querschnitt.

Abb. 4
Entwurf des Netzes.

Abb. 5
Verbesserung des ersten Stromkanals.

Ersichtlich kann die Konstruktion erst durchgeführt werden, wenn das Verhältnis $F_G : F_W$ gegeben ist; da nämlich der erste Stromkanal ziemlich gerade verläuft, kann man $F_m \approx \frac{F_G + F_W}{2}$ setzen; dann wird

$$\frac{F_m}{F_G} \approx \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{F_W}{F_G} \quad \text{und} \quad \frac{F_m}{F_W} \approx \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{F_G}{F_W}.$$

Da $F_G : F_W$ nicht bekannt ist, so muß man diesen Wert schätzen, bevor man mit dem Entwurf des Netzes beginnen kann. Hierauf hat man das gesamte Netz zu entwerfen. Je nachdem am Schluß Teile der Gas- oder Wasseroberfläche frei von Stromlinien sind, ist ein neuer Wert $F_G : F_W$ zu wählen, bis beide Oberflächen mit Stromlinien bedeckt sind.

Der Entwurf eines Netzes verläuft folgendermaßen: Die in Abb. 4 wiedergegebene Konstruktion wird durchgeführt. Hierauf werden die ganzzahligen Temperaturen entsprechenden Geraden nach links verlängert. Für den Fall $F_G : F_W = 1$ sind dann die Maschen des ersten Stromkanals Quadrate, Abb. 5. Ist aber F_G von F_W verschieden, so hat man die zweite Stromlinie so zu krümmen, daß der angenommene Wert $F_G : F_W$ erreicht wird, und dann die Temperaturlinien senkrecht zu beiden Stromlinien einzutragen.

Abb. 5 läßt erkennen, daß die zweite Stromlinie wenig gekrümmt ist; daher bereitet das Ändern des Netzes keine Schwierigkeiten. Ist der erste Stromkanal entworfen, so verlängert man die Temperaturlinien nach Gefühl. Senkrecht zu ihnen zeichnet man die dritte Stromlinie so, daß in den Maschen des Netzes die mittlere Länge gleich der mittleren Breite ist. Ist dies geschehen, so muß man prüfen, ob Gl. (1) und (4) erfüllt sind. Bezeichnet man die Werte des ersten Stromkanals durch einen Stern, so muß

$$F_G \alpha_G (t_G - \vartheta_1) = F_G^* \alpha_G (t_G - \vartheta_1^*)$$

$$F_W \alpha_W (\vartheta_2 - t_W) = F_W^* \alpha_W (\vartheta_2^* - t_W)$$

sein. Hierin sind ϑ_1 und ϑ_2 die mittleren Temperaturen der Gas- und Wasseroberfläche des zweiten Stromkanals, die aus der Zeichnung ermittelt werden können.

Aus den Gleichungen ergeben sich die Werte F_G und F_W für diesen Kanal. Stimmen sie nicht mit der Zeichnung überein, so ändert man die dritte Stromlinie entsprechend. Hierauf zieht man die Temperaturlinien senkrecht zu der neuen Stromlinie, wobei man beachtet, daß in jeder Masche die mittlere Länge gleich der mittleren Breite ist. Das Verfahren setzt man fort, bis das gesamte Netz entworfen ist.

Zweckmäßig zeichnet man, nachdem man den ersten Stromkanal ermittelt hat, mit Hilfe der Gleichungen

$$F_G = F_G^* \frac{t_G - \vartheta_1^*}{t_G - \vartheta_1} \quad \text{und} \quad F_W = F_W^* \frac{\vartheta_2^* - t_W}{\vartheta_2 - t_W}$$

Abb. 6 Endgültiges Netz.

zwei Linien, die gestatten, zu den beliebigen Wandtemperaturen ϑ_1 und ϑ_2 die Oberflächen F_G und F_W abzulesen. Das endgültige Netz zeigt Abb. 6; für den letzten Stromkanal ist $f_m < l_m$.

Gegenüber dem von Dr. Geiger[1]) angegebenen Verfahren führt das beschriebene zwangläufig zum Ziel, und es hängt nicht von der Geschicklichkeit des Zeichners ab. Ferner würde die Benutzung der dort angegebenen Diagramme zur Ermittlung der Temperaturen im Innern der Wandung zu falschen Ergebnissen führen, weil die Annahmen, nach denen die Diagramme entworfen sind, bei längeren Kanälen auch nicht annähernd erfüllt sind.

[1]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 905.

[B 1559]

Raffinieren von Chromstahl

Chromstahl sollte man synthetisch herstellen, d. h. Roheisen, Schrot oder Erz dürfen kein Chrom enthalten, wenn man ein hochwertiges Erzeugnis gewinnen will. Nach Untersuchungen von N. N. Menshih[1]) wird der schädliche Einfluß des Chroms, wenn es bereits im Anfang der Schmelze vorhanden ist, beträchtlich herabgesetzt werden, wenn einmal gewisse Eigenschaften des Elementes und seiner schlackenbildenden Oxyde bekannt sind und in Rechnung gezogen werden können. Enthält das Metall beim Schmelzen kein Chrom, so muß man natürlich so viel Ferrochrom zusetzen, als für die Blöcke und die unvermeidliche Oxydation und Verschlackung (ungefähr 20 vH) notwendig ist. Enthält jedoch die ursprüngliche Beschickung Chrom, so wird das Chrom während des Schmelzens niemals vollkommen oxydiert oder verschlackt; theoretisch müßte man dann also nur so viel Ferrochrom zusetzen, um das verbliebene Chrom auf den für den Fertigstahl notwendigen Anteil zu bringen.

Soll die Analyse des verschmolzenen Stahles in vernünftig engen Grenzen gehalten werden, so darf man die Zusätze erst dann beigeben, wenn man die Versuchsblöcke analysiert hat. Der im erschmolzenen Stahl verbleibende Chromgehalt hängt nicht so sehr von dem Chromgehalt des verwendeten Schrotes ab, als allein von dem Gang des Ofens und der Badtemperatur während des Raffinierens.

Bei der Herstellung von Panzerplatten-Chromstahl in einem russischen Werk wurden die Chargen nach Vorschrift der Firma Krupp bei ziemlich kaltem Gange des Ofens fertiggemacht. Der Chromgehalt der Beschickung schwankte zwischen 0,49 und 1,17 vH Cr. Unabhängig von der Höhe des ursprünglichen Chromgehaltes schwankte der Chromgehalt im erschmolzenen Stahl vor der Zugabe der Zusätze je nach dem Gange des Ofens von 0,22 bis 0,36 vH, u. zw. war der ursprüngliche Chromgehalt am höchsten beim niedrigsten Chromgehalt im erschmolzenen Stahl und umgekehrt.

Wurden die Beschickungen für Panzerplatten-Chromstahl nach Anweisung der Firma Krupp bei kälterem Gange des Ofens geschmolzen und gefeint, so schmolz ein weicher Stahlknüppel von 25,4 mm² Querschnitt, den man, kurz bevor die Zusätze zugegeben wurden, in das Bad hielt, in 32 bis 35 s. Die Panzerplatten genügten den von der Regierung vorgeschriebenen Proben und der schließlich in der Fertigbeschickung aus dem Einsatz verbliebene Chromgehalt war gering. Wurde der Einsatz heiß eingeschmolzen und bei niedrigerer Temperatur gefeint, oder auch bei höherer Temperatur eingeschmolzen und gefeint, so daß der weiche Stahlknüppel von 25,4 mm Querschnitt in 23 bis 27 s schmolz, so war der aus der Beschickung vor der Zugabe der Zusätze verbleibende Chromgehalt höher, als bei kaltem Gange des Ofens. Ein Zusammenhang besteht also zwischen der Höhe des zurückbleibenden Chroms und der Schmelztemperatur während des Raffinierens im Siemens-Martin-Ofen. Wenn diese kritische hohe Temperatur einmal erreicht ist, kann auch nachheriger kälterer Gang des Ofens die Höhe des Chromgehaltes nicht vermindern.

Verbleibt ein größerer Anteil des in der Beschickung enthaltenen Chromgehaltes im Stahl, so wird die Güte des Stahles in hohem Maß ungünstig beeinflußt. Wird die Höhe des Chromgehaltes in einem Probeblock bestimmt, ehe die Zusätze gemacht werden, so kann man die Prüfung als genügend ansehen. [N 1809] Ste.

[1]) „The Iron Age" Bd. 121 (1928) S. 1817.

Die wärmetechnische Forschung,

ein gemeinsames Arbeitsgebiet der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und des Vereines deutscher Ingenieure

R. Plank hat in seinem Vortrag bei der diesjährigen auptversammlung des Vereines darauf hingewiesen, wie ch aus der Verbindung der Kategorien des „Wahren" und s „Zweckmäßigen" die Welt der Technik im weitesten nn des Wortes aufbaut. Mit dem Namen „Physikalisch-echnische Reichsanstalt" hat ihr geistiger Vater Werner iemens diese Verbindung ebenso im Auge gehabt, wie selbst das in dem Wort „Ingenieur" liegende Geistige it dem Werktätigen vereinigte. Am Beispiel der wärme-chnischen Forschung bei der Reichsanstalt soll gezeigt erden, daß die Verbindung des Physikalischen und des echnischen sich nicht ganz so leicht und selbstverständ-ch zu vollziehen pflegt, wie man eigentlich meinen sollte.

Träger des wissenschaftlichen Geistes der Reichs-nstalt waren jahrzehntelang nur Physiker, und zwar Ver-eter der sogenannten „reinen Physik"; denn „technische hysiker" waren bis zum Anfang dieses Jahrhunderts kaum m Namen nach bekannt. Dem reinen Physiker aber ist iner Ausbildung nach der Gedanke des „Zweckmäßigen" emd. Die Laboratorien, die das Technische er-digten, und darunter verstand man wohl hauptsächlich e Prüftätigkeit der Anstalt für die Industrie, genossen her im allgemeinen nicht das Ansehen wie die nur r Forschung dienenden. Die Beweggründe für die orschung der Anstalt aber lagen fast durchaus auf der eoretischen Seite; aus technischen Erfordernissen ent-rungene Arbeiten, auch wenn sie von reinen Physikern leistet wurden, wie z. B. der Aufbau der Thermometer, nes der Hauptverdienste der Anstalt, fanden kaum je die eiche Würdigung wie selbst kleinere der reinen Physik nende Untersuchungen.

Anderseits lag dem Verein deutscher Ingenieure stets ran, daß die Reichsanstalt solche physikalische Pro-leme behandelte, deren Lösung die Technik brauchte. hon bald nach der Gründung der Anstalt hat der Ver-n daher eine Reihe solcher wichtiger Arbeiten ge-nnt, von denen aber nur wenige in Angriff ge-mmen wurden. In immer wiederholten Anträgen im ratorium der Reichsanstalt haben dann die hervor-enden Mitglieder des Vereins C. v. Bach und v. Linde stärkere Pflege der von der modernen Physik nachlässigten wärmetechnischen Forschung und gleich-rechtigte Mitarbeit von physikalisch ausgebildeten In-nieuren neben den Physikern verlangt und dies schließ-lh mit Unterstützung des Vereines vor mehr als 15 Jah-n auch erreicht. Allmählich entstand dann unter der itung eines solchen Ingenieurs ein wärmetechnisches boratorium, freilich zunächst mit ganz unzureichenden umen, Einrichtungen und zu wenig Mitarbeitern.

Durch den Namen „Wärmetechnisches Laboratorium" rde zum Ausdruck gebracht, daß es seine Arbeiten, d als Arbeiten der Reichsanstalt natürlich physikalisch-technisch, nicht etwa maschinentechnisch sein mußten, ch den Bedürfnissen der Technik auswählen sollte. Wie bei das Physikalische und das Technische einander rchdrungen und befruchtet haben, zeigen folgende Bei-spiele aus der Tätigkeit des Laboratoriums:

Eine Transformatorenfabrik bat um die Bestimmung d Wärmeleitzahl ihres Transformatoröles, um die Nußeltsche Theorie des Wärmeübergangs auf die Trans-formatorenkühlung anwenden zu können. Auf diesen Prüfantrag hin arbeitete das Laboratorium ein Verfahren zr Bestimmung der Wärmeleitzahl von Flüssigkeiten aus, ursuchte hiernach zunächst das eingesandte Öl, dann ar auch Wasser, dessen Wärmeleitzahl, obwohl von großem physikalischen Interesse, bis dahin ungenügend, bei höheren Temperaturen überhaupt nicht bekannt war, ferner feste Isolierstoffe, viele keramische Massen, Metalle (d dies wieder auf Antrag aus der Praxis), schließlich nerdings Eis bis zu sehr tiefen Temperaturen. Dabei erhielt mn nun nicht nur die Wärmeleitzahl des Eises in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur, deren Kenntnis physikalisch und für die Kältetechnik wichtig ist, sondern auch bis dahin unbekannte physikalische Aufschlüsse über die Art des Zusammenhanges zwischen zusammengefrorenen Eis- und Metallplatten. Die oben erwähnten Messungen der Wärmeleitzahl des Wassers trugen ferner zur Beherrschung des Wärmeüberganges bei Wasser (einem technisch in vielen Varianten vorkommenden Problem) bei und dienten insbesondere Nußelt für seine Theorie des Wärmeüberganges beim Kondensieren des Dampfes. Die Prüfung dieser Theorie wiederum wurde auf Anregung und mit Unterstützung unsres Vereines vom Laboratorium aufgenommen, und auch dabei wurden bereits physikalisch wie technisch wichtige Ergebnisse gewonnen.

Die Untersuchung des Wärmeübergangs bildete wieder selbst einen Punkt in dem größeren Programm der Dampfforschung, die das Laboratorium mit großzügiger Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft in Angriff nehmen konnte. Ein Hauptteil dieses Programms, die für die Physik und für die Hochdruckdampftechnik dringend wichtige Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers oberhalb 10 at, ist bereits weit gefördert; die Messungen bis 20 at sind abgeschlossen, die bis 100 at sind im Gang. Weitere Untersuchungen an Hochdruckdampf (z. B. die der Zähigkeit) sind geplant.

Ebenso kennzeichnend ist die Entwicklung der Arbeiten des Laboratoriums über Strömungsmessung, die von der Aufgabe ausgingen, kleine strömende Kohlensäuremengen genau zu messen. Als Verfahren wurde das des Druckabfalles in einem glatten Rohr gewählt, mit kleinen strömenden Luft- und Wassermengen auf seine Brauchbarkeit geprüft, dann auf Anregung des Ventilatorenausschusses unsres Vereines in größerem Maßstab in einer Ventilatorenfabrik zur Eichung von Normaldüsen verwendet, die wiederum in ganz großem Maßstab in einem Hüttenwerk des Saargebietes zur Eichung von Normalstaurändern dienten. Diese praktischen Messungen gestatteten, die Grenzen der Anwendbarkeit der physikalischen Ähnlichkeitstheorie zu prüfen, und erbrachten neue Beiträge zu dieser Theorie. Also auch hier wieder Physik und Technik in unlösbarer Verknüpfung, Reichsanstalt und Ingenieurverein in fruchtbarer Zusammenarbeit.

Besonders erfolgreich wurde diese gegenseitige Anregung durch die Gründung des Ausschusses für Wärmeforschung im Verein deutscher Ingenieure, dessen Obmann der Leiter des Wärmetechnischen Laboratoriums der Reichsanstalt ist. Leider kann jedoch das Laboratorium nach wie vor den Anregungen aus der Technik aus Mangel an Räumen und Mitteln nur in wenigen Einzelfällen und auch da viel zu langsam nachkommen. Es besteht aber Aussicht, daß diesem Mangel demnächst abgeholfen werden wird. Nußelt hat bereits bei der vorjährigen Frühjahrssitzung des Kuratoriums der Reichsanstalt einen Antrag auf Ausbau des Laboratoriums gestellt, der allgemein Anklang fand und zum Entwurf eines Neubaues für das Institut führte; dieser wird zur Zeit in den maßgebenden Ministerien beraten. Der Verein deutscher Ingenieure hat durch eine Rundfrage bei industriellen Firmen, die an der wärmetechnischen Forschung interessiert sind, festgestellt, daß sie fast einstimmig diesen Ausbau des Laboratoriums begrüßen; eine Anzahl von Firmen hat Mittel dazu in Aussicht gestellt. Von der Rundfrage und ihrem Ergebnis wurde das Reichsministerium des Innern unterrichtet.

Man darf daher hoffen, daß, wie kurz vor dem Krieg ein zeitgemäß eingerichteter Neubau für einige elektrophysikalische und elektrotechnische Laboratorien, so demnächst auch ein Gebäude für das Wärmetechnische Laboratorium der Reichsanstalt errichtet werden kann, das für die Zwecke der Forschung und Prüfung hauptsächlich auf den Gebieten des Hochdruckdampfes, der hochverdichteten Gase, der Wärmeleitung, der Zähigkeit, der Strömungsmesser für Gase und Dämpfe gut ausgestattet werden soll.

[B 1877]

RUNDSCHAU

Verarbeitende Industrien

Deutsche Keramische Gesellschaft

Die Hauptversammlung der Deutschen Keramischen Gesellschaft fand in der Zeit vom 11. bis 13. Juni zum Teil in Gemeinschaft mit den auf einer Europareise befindlichen Mitgliedern der Amerikanischen Keramischen Gesellschaft in Dresden statt. Die Berichte der Fachausschüsse geben einen Einblick in die Arbeit der Deutschen Keramischen Gesellschaft. Der Ausschuß für maschinentechnische Fragen befaßte sich u. a. mit der Frage der Trennung fester Stoffe von Flüssigkeiten unter besonderer Berücksichtigung der tonigen Stoffe. Gemeinsam mit dem Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit wurden einige keramische Betriebe vom Gesichtspunkte der Fließarbeit aus untersucht. Der Rohstoffausschuß befaßte sich eingehend mit der Frage des Feuchtigkeitsgehaltes der Kaoline und Tone und wird demnächst Richtlinien darüber herausgeben. Der Materialprüfungsausschuß ist zur Zeit dabei, Prüfverfahren für die einzelnen keramischen Erzeugnisse zusammenzustellen sowie bisher noch unentschiedene Fragen über die Eignung verschiedener Prüfverfahren weiter zu klären. Der Ausschuß für Betriebskontrolle untersuchte die bisher üblichen Verfahren in der keramischen Industrie. Zur Untersuchung der Kapselfrage besteht ein besonderer Ausschuß, der über die bis jetzt vorgenommenen Versuche berichtete. Eine wissenschaftliche Arbeit über die Elastizität von Tonen bei höheren Temperaturen wird zur Zeit in der Chemisch-technischen Versuchsanstalt bei der Staatlichen Porzellan-Manufaktur in Charlottenburg ausgeführt. Der Ausschuß für wärmetechnische Fragen befaßte sich besonders mit der Ofenkontrolle, der Messung von Temperatur und Ofenzug und der Untersuchung der Rauchgase. Darauf folgte eine Reihe von technisch-wissenschaftlichen Vorträgen chemischer und maschinentechnischer Art, die die verschiedensten Fragen der keramischen Industrie behandelten.

Die Frage der Einführung von Förderanlagen in keramische Betriebe ist äußerst wichtig. Über

Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Förderanlagen

für die keramische Industrie sprach Dipl.-Ing. Helm, Berlin. Untersuchungen durch Zeitstudien in mehreren keramischen Fabriken verschiedener Art ergaben, daß häufig 20 bis 30 vH des Zeitaufwandes für die Herstellung eines Artikels auf reine Transportarbeiten entfallen, die außerdem meist noch von hochbezahlten Facharbeitern ausgeführt werden. Ein weiterer großer Nachteil dieser Handbeförderung liegt, außer in den bedeutenden Lohnkosten, in dem hierbei nur zu leicht entstehenden Bruch von Ware und Brennkapseln, der bei der Empfindlichkeit keramischer Erzeugnisse oft einen außerordentlichen Wert darstellt. Die erste Frage aber, die wohl jeder Leiter eines Werkes stellen wird, ist die nach der Wirtschaftlichkeit. An je einem Beispiel aus der Wandplatten- und Kachelfabrikation, der Chamottestein- und Geschirrporzellanindustrie, wurde dann an der Hand von Skizzen zunächst die veraltete Förderweise mit der Hand und die neue bei Verwendung von Fördervorrichtungen erläutert und die Wirtschaftlichkeit der letzteren untersucht.

Bei der Herstellung von Wandplatten müssen die Platten von den Pressen zur Füllstation, zu den Rohöfen und zur Sortiererei gefördert werden. Dies erfolgt zur Zeit mit Handkarren, für den ein Kreisförderer geplant ist. Zeitstudien ergaben auch, daß bei der Erzeugung von Ofenkacheln der Presser beim Formen der Kacheln zu 26 vH seiner Arbeitszeit mit Förderarbeiten beschäftigt ist, wobei er rd. 4 t am Tage zu fördern hat. Beim Putzer steigt der Anteil an Förderarbeit sogar auf 45 vH. Die Anschaffung einer Hängebahn wird auf Grund einer Wirtschaftlichkeitsrechnung vorgeschlagen. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei der Herstellung von Schamottesteinen und bei der Erzeugung von Porzellangeschirr. Es wurde bewiesen, daß auch in der keramischen Industrie Fördereinrichtungen Platz finden müssen, die überall eingebaut und den besonderen Zwecken angepaßt werden können.

Über die

Arbeitsbeschleunigung in der Mosaikplattenindustrie

berichtete Dr. Kauffmann, Niedersedlitz.

Die Massen werden in der Mosaikplattenindustrie in der Regel halbtrocken aufbereitet. Die fertige Masse von etwa 25 vH Wassergehalt muß nun getrocknet werden; eine Aufgabe, die bisher sehr viel Zeit erforderte. Je nachdem man sie in Schuppen unmittelbar durch Feuer oder auf den Öfen durch die ausstrahlende Wärme trocknet, sind 8 bi 10 Tage erforderlich. Zeit kann erspart werden dadurc daß man die Tonne unmittelbar aus der Grube schon i mahltrockenem Zustande bezieht.

Die Platten, die beim Pressen 6 bis 7 vH Feuchtigke enthalten, werden bis auf etwa 2 vH getrocknet. Währen wie erwähnt, ohne Wärmeführung das Trocknen im Mitt etwa 8 bis 10 Tage dauert, erzielt man bedeuten kürzere Zeiten, wenn man die Abluft der Öfen nicht ei fach in den Trockenraum ausstrahlen läßt, sondern ei zweckmäßige Führung und Umwälzung vorsieht. Verei zelt werden die Platten gleich nach dem Pressen in Kapsel gefüllt, man verlegt dann das Trocknen in den Ofen wäh rend der entsprechend längeren Schmauchzeit. Dies set jedoch voraus, daß genügend Ofenraum zur Verfügun steht, bei Gaskammer- und Tunnelöfen läßt sich dieses Ve fahren jedoch nicht ohne weiteres anwenden.

Besonders umständlich ist heute noch überall die Be schickung der Öfen. Bei einem Rundofen von 130 m³ In halt beträgt die Strecke, die beim Füllen und Aussetze zurückgelegt werden muß, rd. 100 km für alle Kapseln zu sammen, da jede einzeln befördert wird. Eine einwan freie Lösung dieser Aufgabe mit Hilfe mechanischer Fö dermittel ist leider noch nicht gefunden. Allgemein sin zwar mechanische Fördermittel in der Mosaikplattenindu strie schon seit langem in Gebrauch, da ja besonders hie täglich außerordentlich große Mengen und Gewichte zu be wegen sind. Schwierigkeiten bestehen aber beim Auslese der Mosaikplatten, da die vielen hundert Arten eine ge trennte Behandlung erforderlich machen. Beim Auslese von Wandplatten dagegen, von denen nur wenige Größe hergestellt werden, ist sogar Fließarbeit möglich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß heute für die Er zeugung von Mosaikplatten vom Eingang der Rohstoff bis zum Ausgang der fertigen Ware mindestens drei Monat erforderlich sind. Eine Verkürzung dieser Zeit um nu zwei Wochen würde bereits eine Ermäßigung des Betriebs kapitals um rd. 16 vH zur Folge haben, jede weitere Woch eine weitere Verringerung um 8 vH. Während früher di Zeit in der Kalkulation des Keramikers keine Rolle spielt muß heute mit allen Mitteln dahin gestrebt werden, ein Verkürzung der Fabrikationszeit durchzuführen, wenn wi uns nicht von der ausländischen, insbesondere der nord amerikanischen, Industrie überflügeln lassen wollen.

In verschiedenen weiteren Vorträgen wurden noc andere wissenschaftliche Fragen behandelt; so sprach Dr Dienemann, Berlin, über die geologischen Grundlage der Verbreitung der wichtigsten deutschen Kaoline un Tonvorkommen, Prof. Dr. G. Keppeler, Hannover, übe die Tone im Lichte der Kolloidkunde, Patentanwalt Dr Hirsch, Berlin, über Beziehungen zwischen Festigkei und Temperatur bei feuerfesten Baustoffen, Dr.-Ing. F Harkort, Velten, über Glasurrißsicherheit von Steingut massen in Abhängigkeit von ihrem Gefüge und Dr. Kiefer, Meiningen, über Fehler bei der Hartporzellanherstel lung und ihre Vermeidung. [N 1765] Schr.

Verein der Zellstoff- und Papier-Chemiker und -Ingenieure

Heidelberger Sommertagung

Die am 11. und 12. Juni abgehaltene Tagung begar mit einem Vortrag von Dr. W. Brecht, Augsburg, übe Verlustkontrolle im Fabrikationsbetrieb worin die Anschauungen über die Ziele der Betriebswirt schaft besprochen wurden. Die eine Anschauung stellt di Verringerung aller Arten von Verlusten und einen höhere Wirkungsgrad bei allen Aufwendungen von Stoff und Kra in den Vordergrund. Die andre erblickt in der Steigerun der Erzeugung das wirksamste Mittel. Diese beiden Grund sätze scheinen sich jetzt zu verschmelzen, was einen wesent lichen Fortschritt der technischen Wirtschaftsführung be deutet. Im Verfolg dieser Richtlinien gab Dr. Brecht ei neues Verfahren an, das gestattet, die Faserverluste in Abwasser von Halbstoffanlagen selbsttätig aufzuzeichnen.

Über den Aufbau der pflanzlichen Zellwand sprac Prof. E. Schmidt, München, in seinem Vortrag

Methoden zur Konstitutionsermittlung des Holzes.

Er stellte die beiden bisher geltenden Anschauungen ein ander gegenüber: die mechanische körperliche Vereinigung von Zellulose, Hemizellulosen und Lignin und die chemisch Bindung dieser drei Bestandteile. Zur Untersuchung diese Fragen wurden einige neue Verfahren ausgebildet und ver vollkommnet. So erweist sich ein analytisch genau be

timmter Zellulose-Hemizellulose-Komplex, aus der verholzten Faser dargestellt, gegenüber den Aufschlußmitteln ClO_2-Na_2SO_3 in gradimetrischer und titrimetrischer Hinsicht als innerhalb der analytischen Fehlergrenze von ± 2 vH vom Wert stabil. Genaue Untersuchungen ergaben, daß in jedem Komplex außer der Zellulose und den Hemizellulosen noch ein dritter karboxyltragender Bestandteil vorhanden ist. Bei Untersuchung der Hemizellulosen hinsichtlich der Art der sie aufbauenden monomeren Zucker ist bemerkenswert, daß Galaktose und die über die Galakturonsäure ihr nahestehende Araninose fehlen. Dies wurde mittels einer enzymatischen Methode einwandfrei bewiesen. Sehr wichtig ist, infolge der verschiedenartigen konstitutionellen Zusammensetzung des Zellulose- und Hemizellulosenanteils von Fichte und Buche, deren spezifisches Verhalten gegenüber verschiedenen Alkalikonzentrationen zu untersuchen. Es gelingt bei der Buche bereits mit sehr verdünnten Laugen, z. B. mit n/50 Na OH, das karboxyltragende Polysaccharid herauszulösen, während dies bei der Fichte unmöglich ist, sondern nur eine Verseifung des Zellulose-Esters stattfindet.

Mittels des ClO_2-Na_2SO_3-Verfahrens gelingt es also, aus jeder verholzten Zellwand einen nativen Zellwandbestandteil darzustellen, worin sich die Zellulose stets in verestertem Zustand befindet. Bei der Buche ist auch das Xylan, bei der Fichte nur die Zellulose esterartig an die Säure gebunden. Die Hemizellulosen der Fichte dagegen sind mit der Säure glykosidisch verknüpft. Buche und Fichte stellen somit zwei besonders übersichtliche Arten dar.

In der pflanzlichen Zellwand sind zwei Arten von Hemizellulosen vorhanden, die sich kennzeichnend durch ihr Verhalten gegenüber Na_2SO_3 als gepuffertem Alkali unterscheiden. Die Galaktox führenden Hemizellulosen sind in Natriumsulfat löslich. Sie werden demnach während des Aufnehmens mit ClO_2-Na_2SO_3 gelöst und von dem Zellulose-Hemizellulosen-Komplex abgetrennt.

Zum Schluß sprach Dipl.-Ing. Fenchel über die

Beeinflussung physikalischer Eigenschaften des Papierblattes bei der Fabrikation.

Die Ermittlung der physikalischen Eigenschaften auf einfache Weise durch zweckmäßige Geräte im Betrieb sowie die Kenntnis der physikalischen Bedingungen bei der Bildung des Papierblattes sind neben neuzeitlichen Fabrikeinrichtungen die Grundlagen, um dauernd Papier von ganz bestimmten Eigenschaften zu erhalten.

Im weiteren wurde die Erzeugung mittelfeiner und feiner Papiere behandelt und insbesondere darauf hingewiesen, welche Umstände vorhanden sein müssen, um Papier von stets gleichen Eigenschaften zu erhalten. Die Beschaffenheit eines Papiers hängt ab vom Gewicht, von der Durchsicht, Dicke und Dichte, Oberfläche, Festigkeit und Wasserdehnung. Um alle diese Einzelbedingungen dauernd gleichbleibend erfüllen zu können, muß man immer die Erzeugung auf diese Punkte hin prüfen.

[N 1797] Schr.

Messen und Wägen

Ein neues Torsionsdynamometer

Von Parker und Jackmann ist eine Arbeit erschienen über „die Messung des mechanischen Kraftverbrauches der getriebenen Maschinen — ein schreibendes Torsionsdynamometer"[1]. Dies Meßgerät, Abb. 1 bis 3, benutzt zur Aufzeichnung der Wellenverdrehung die photographische Aufzeichnung der Bewegung eines Lichtpunktes, Abb. 4 bis 6[2]. Der Spiegel g wird mittels einer Blattfeder d mit Schneide bewegt. Äußerlich gleicht das Gerät dem optischen Membranindikator von Carpentier in der Ausführung der Cambridge Scientific Instrument Co. Abb. 7 zeigt die mit diesem Gerät aufgenommenen Belastungsänderungen einer Waschmaschine.

In diesem Zusammenhange sei auch das Gerät von Hopkinson, Abb. 8 und 9, erwähnt[3]; die Spiegelanordnung ist deutlich zu erkennen. Bezeichnet man in Abb. 10 die Entfernung von Mitte Welle bis zum Angriffspunkt des Spiegelantriebes mit R, die Entfernung des Spiegelangriffspunktes von der Drehachse des Spiegels mit r und den Verdrehungswinkel mit Θ, so ist der Winkel des Lichtstrahlausschlages bei dem Verdrehungsmesser von Parker und Jackman

$$\Phi = \frac{R\,\Theta}{r}.$$

Bei dem Gerät von Hopkinson und Thring kommt die gleiche Beziehung in Frage. Bei dem Torsionsindikator von Frahm[4]) ist $r = 20$ mm und, da die gleiche Beziehung gilt, der Ausschlagwinkel des Spiegels im Bogenmaß $= \frac{R\,\Theta}{20}$.

Bei der von mir angegebenen rein optischen Vergrößerung der Lichtpunktbewegung besteht die Beziehung $\frac{S}{s} = 1 + 2K\left(L - \frac{1}{K}\right)$, hierin bedeuten K die Krümmung der Spie-

[1]) Vorgetragen in der Inst. Civ. Engs. im Science Museum, South Kensington, im Dezember 1926.

[2]) Vergl. Nettmann, Der Torsionsindikator, S. 128, Berlin 1912.

[3]) Proceedings Inst. Mech. Engs., London 1907.

[4]) Z. Bd. 62 (1918) S. 173.

Abb. 4 bis 6
Photographische Aufzeichnung der Bewegung des Lichtpunktes.

a Säule, ruhend auf Hebel a, Abb. 1 bis 3 b Öffnung mit Spiel für a in Hülse b, Abb. 1 bis 3 c Lager der Welle f d Blattfeder e Kerbe zum Eingriff der Schneide von d f Welle für Spiegel g

a Zweiteiliger Hebel als Träger der Säule a in Abb. 4 bis 6
b zweiteilige Hülse als Träger des Spiegels g, Abb. 4 bis 6, und der Holzverschalung d
c Lichtbildkammer mit Papiervorschub e und seitlicher Lichtquelle f

Abb. 1 bis 3
Allgemeine Anordnung des Parker-Jackman-Dynamometers.

Abb. 7 Belastungsänderungen einer Waschmaschine, aufgenommen mit dem Gerät von Parker und Jackman.

Abb. 8 und 9 Gerät von Hopkinson.

a Indikatorhahn
b gabelförmiger Träger
c Mutter
d Flachfeder
e, Spannschrauben zu *d*
f Kolben
g Klemme zwischen *f* und *d*
h Spiegel
i Welle für *h*
j Flachfedern
k Flachfederverbindung *d, l, m, h*
l Klemme zwischen *d* und *k*
m Hebel zum Spiegel *h*
n Hubbegrenzungsmutter

Abb. 10 Versuchsanordnung beim Gerät von Hopkinson-Thring.

gelfläche, während $s = R\Theta$ ist und S die Lichtbildverschiebung in der Entfernung L von dem Mittelpunkt des Zylinderspiegels bedeutet. Es ist selbstverständlich, daß ohne mechanischen Übersetzungsantrieb, also rein optisch, durch Hintereinanderschaltung von beliebig vielen Zylinderspiegeln jede gewünschte Vergrößerung der an und für sich geringen Verdrehungen zu erzielen ist. [M 1602]

Berlin-Charlottenburg Dr.-Ing. P. Nettmann

Das Verwiegen von Massengütern bei stetigen Fördermitteln

Eine selbsttätige Förderbandwaage, die nicht nur Kohlen, Erze, Salze und dergl., sondern auch Säcke, Kleinholz und ähnliche Güter verwiegen kann, zeigt Abb. 11.

Bauart und Wirkungsweise der Förderbandwaage, die die Firma Carl Schenck, Eisengießerei und Maschinenfabrik, Darmstadt, G. m. b. H., erbaut hat, ist aus Abb. 12 zu ersehen. Die Stützrollen der für den Einbau der Waage bestimmten Laufbahnstrecke sind auf der Brücke *a* gelagert, die durch ein mehrfach übersetztes Hebelgestänge mit dem Neigungswiegebalken *b* in Verbindung steht. Je nach der Größe der Brückenlast wird sich dieser Balken, dessen Schwingungen durch eine Luftbremse *c* gedämpft werden, mehr oder weniger aus seiner Ruhelage entfernen, so daß der Ausschlag immer der Belastung der Waagenbrücke entspricht. Zum Aufzeichnen dieser Belastung wird nun der Neigungswiegebalken in bestimmten Abständen in seiner jeweiligen Stellung festgehalten und der dadurch festgehaltene Ausschlag durch ein Zahnrädervorgelege auf ein Additionszählwerk *d* übertragen. Die Anhalt- und Schaltvorrichtung wird über eine Steuerwelle *e*, die durch die Antriebmaschine des Förderbandes angetrieben wird, betätigt. Die Übersetzungsverhältnisse sind hierbei so gewählt, daß ein Wiegevorgang in der gleichen Zeit erfolgt, in der das Förderband die theoretische Brückenlänge l_0, d. i. die für die Belastung der Waagenbrücke wirksame Förderbandstrecke, durchläuft. Eine Wägung ist daher jedesmal in dem Augenblick beendet, da die soeben verwogene und aufgezeichnete Fördergutmenge die Waagenbrücke verlassen hat und diese durch den nächsten nunmehr zu verwiegenden Bandabschnitt belastet ist. Als Beginn und Abschluß eines Wägevorganges hat hierbei jedesmal der Zeitpunkt der Balkenarretierung zu gelten. Damit wird die ganze Fördermenge, die innerhalb eines beliebigen Zeitabschnittes über die Waagenbrücke gelangt, verwogen. Bei entsprechender Gestaltung der Brücke kann die Waage auch in

Abb. 11 Bandwaage von Carl Schenck, Darmstadt, zum Verwiegen von Massengütern in Betrieb.

Abb. 12 Schema der Förderbandwaage, Abb. 11.
a Waagenbrücke *b* Neigungswiegebalken *c* Luftbremse *d* Additionszählwerk *e* Steuerwelle l_0 theoretische Brückenlänge

Becherketten eingebaut werden. Der Wiegevorgang ist hierbei der gleiche.

Die Laufbahnstrecke für den Einbau der Waage soll nach Möglichkeit wagerecht liegen, kann jedoch bei schräg

Abb. 13
Schreibvorrichtung zum Aufzeichnen der jeweiligen Stundenleistung an der Bandwaage, Abb. 11.

ıufenden Bändern auch bis zu 20 ° geneigt sein, ohne daß ine wesentliche Beeinträchtigung der Wiegeergebnisse zu efürchten wäre. Die Wiegevorrichtung wird in der Regel on der Antriebmaschine oder auch von der Umlenkrolle es Fördermittels aus betätigt, und zwar über Wellen und egelrädergetriebe. Es kommt jedoch zuweilen vor, daß die rtlichen Verhältnisse dies nicht gestatten. In diesem alle wird dann der Antrieb vom unteren leerlaufenden trang abgeleitet, bei Förderbändern mittels Druckrollen-ıtriebes, bei Becherketten durch eine von dem Strange an-ıtriebene Doppeldaumenscheibe. Der Kraftbedarf beträgt fahrungsgemäß rd. 0,1 PS.

Das zum Aufzeichnen der Wiegeergebnisse dienende dditionszählwerk besteht aus einer hundertteiligen Zähler-heibe, die das Ergebnis nach jeweils vollendeten 1000 kg f ein Zählwerk (Angabe in t) überträgt. Die Ge-uigkeit beträgt hierbei rd. 1 vH. Bei dieser Vorrichtung nn also das Gesamtgewicht der in einem beliebigen Zeit-schnitt geförderten Stoffmenge abgelesen werden. Zu-ilen genügt jedoch diese Angabe nicht. So z. B., wenn ın sich noch nachträglich über den Betrieb der Förder-lage unterrichten will, über Änderung und Aussetzen r Förderung, in einem bereits zurückliegenden Zeitpunkt. ir diesen Zweck kann die Waage noch mit einem Lei-ıngszähler ausgestattet werden, der die jeweilige Stun-nleistung fortlaufend als Funktion der Zeit aufzeichnet, b. 13. Die Schreibvorrichtung wird hierbei unmittelbar n dem Neigungswiegebalken betätigt.

Im Gegensatz zur Bandwaage ist die Ausschüttwaage, e ebenfalls zur selbsttätigen Verwiegung von Massen-tern dient, eichfähig, ein Vorteil, der jedoch für die Be-rfnisse der inneren Betriebsüberwachung meist wenig von deutung ist, zumal erfahrungsgemäß durch den größeren rschleiß der Ausschüttwaage die höhere Genauigkeit, die e Waage am Tage der Eichung aufweist, sehr oft ver-ndert wird. Während dagegen bei der Ausschüttwaage ein sgesprochener Umladevorgang vorliegt, mit allen seinen angenehmen Begleiterscheinungen, wie Staubentwick-lg, Zerschlagen des Fördergutes und dergl., kommt bei d Bandwaage das Wiegegut überhaupt nicht mit Teilen d Waage in Berührung und kann infolgedessen auch nicht gschädigt werden. Dieser Vorzug wird be-sders augenscheinlich, wenn es sich um das Vigen feuchter oder klebriger Massengüter hdelt. In diesem Falle bleiben nämlich i Wiegegefäß der Ausschüttwaage zuweilen Rste des Wägeguts haften, die infolgedessen nhrmals gewogen werden und ungenaue Vegeergebnisse zur Folge haben. Bei der Indwaage wird dieser Gefahr dadurch be-gnet, daß durch Anordnung von Kratzern or Rüttelvorrichtungen am Ende des För-d mittels der leerlaufende Strang von mög-lierweise anhaftenden Resten befreit wird. Aßerdem kann hier auch das Fördergut auf d Waagenteile nicht schädigend einwirken, s daß selbst Änderungen hervorrufende S ffe unbedenklich verwogen werden können.

Verschieden sind auch die Einbauverhält-n se bei beiden Waagenarten. Die Band-wage fügt sich zwanglos in die Förderanlage i und kann daher in bereits vorhandene Alagen eingebaut werden, ohne daß eine ıständliche Änderung der Konstruktion erforderlich wäre. Die Anordnung der Ausschüttwaage, meist an der Übergangstelle zweier Fördermittel, bedingt eine Vergrößerung der Gesamtbauhöhe, entsprechend der Strecke, um die das Gut während des Verwiegens gesenkt wird. Falls diese Bauhöhe nicht zur Verfügung steht, ist daher ein nachträglicher Einbau mit erheblichen Konstruktionsänderungen verknüpft. Der Kraftbedarf für die Ausschüttwaage wird dadurch bedingt, daß das Wägegut um die für die Wägung erforderliche Fallhöhe gehoben werden muß, außerdem durch den mechanischen Antrieb einer besonderen Abgabevorrichtung, die in vielen Fällen zwecks gleichmäßiger Zuführung des Wägegutes erforderlich ist. Infolgedessen ist der Kraftbedarf der Ausschüttwaage größer als bei der Bandwaage. [M 1353]

Darmstadt Dipl.-Ing. Karl Diehl

Elektrotechnik

Rückwirkung von Leitungsschwingungen auf Isolatorenketten

Neuzeitliche Hochspannungsisolatoren weisen neben einer außerordentlich hohen elektrischen Festigkeit mittlere oder gewährleistete Bruchfestigkeiten auf, die weit über den Beanspruchungen des Betriebes liegen. Isolatorenschäden und Armaturenbrüche, die sich trotzdem verschiedentlich ereignet haben, ließen neuerdings die Vermutung aufkommen, daß die Ursache hierfür „Dauerbrüche"[1]) infolge der Erschütterungen wären, denen die Isolatorketten infolge der Leitungsschwingungen ausgesetzt sind. Diese Leitungsschwingungen, die z. B. infolge des Windes, des Abfallens von Eis- und Schneelasten, des Aufsetzens und Abfliegens von Vogelscharen, infolge von Erschütterungen in der Nähe von Fabriken und Eisenbahnen und dergleichen auftreten, können auf die Isolatorenketten in der Achsenrichtung und senkrecht dazu sowie, wenn auch seltener, als Drehschwingungen mit geringer Winkelamplitude einwirken.

Zur Untersuchung der Rückwirkung derartiger Schwingungen auf die Dauerfestigkeit von Isolatorenketten hat die Hermsdorf - Schomburg - Isolatoren - G. m. b. H. in ihrer Maschinenbau-Abteilung in der Porzellanfabrik Freiberg i. S. die in Abb. 14 und 15 dargestellte Maschine herstellen lassen. Mit dieser Maschine kann man an Isolatorenketten bis zu 16 Gliedern die aus Abb. 16 bis 18 ersichtlichen Schwingungen hervorrufen. Außerdem lassen sich jeweils auch zwei Schwingungsarten vereinigen, so daß es möglich ist, alle Schwingungsbeanspruchungen, die an Freileitungen auftreten können, nachzuahmen. Die Zahl der Schwingungen läßt sich in Übereinstimmung mit Versuchen an Modelleitungen zwischen 10 und 1000 in 1 min regeln. Die Schwingungen der einzelnen Kettenglieder werden auf einer Schreibtrommel aufgezeichnet, während die minutliche und die gesamte Schwingungszahl mittels eines Tachometers und eines Zählwerkes angezeigt werden. Den Betriebsverhältnissen entsprechend werden die Isolatoren während der Versuche einer zwischen 0 und 10 t einstellbaren axialen Zugbelastung unterworfen. Weiter wird an jedes Glied der Kette eine seine Überschlagspannung nur wenig unterschreitende Spannung gelegt. Hierdurch läßt sich einwandfrei feststellen, ob und wann ein Glied infolge der mechanischen Beanspruchungen beschädigt wird.

Bisher sind planmäßig über 400 Kappenisolatoren aus verschiedenen Lieferungen bei einer ihrer Höchstbelastung im praktischen Betrieb entsprechenden Zugbelastung von

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 537 und Fachheft „Dauerbruch" der Zeitschrift für Metallkunde.

Motor

Abb. 14 und 15
Maschine für Schwingungsversuche.

Abb. 16

Abb. 17

Abb. 18

Abb. 16 bis **18**
Schematische Darstellung der Schwingungsarten.

Abb. 16. Schwingungen in Achsrichtung einer Isolatorenkette

Abb. 17. Schwingungen senkrecht zur Achsrichtung einer Isolatorenkette

Abb. 18. Drehschwingungen (bis zu 30°) um die Achse einer Isolatorenkette.

rd. 2 t und mit 500 Schwingungen in 1 min untersucht worden. Trotz dieser sehr scharfen Beanspruchung konnte bei keinem dieser Isolatoren ein Versagen des Porzellans festgestellt werden. Das gleiche Ergebnis hatten zahlreiche weitere Versuche, so daß diese Schwingungsversuche in Übereinstimmung mit der hier früher vertretenen Auffassung[2]) ein weiterer Beleg dafür sind, daß Porzellan im Gegensatz zu Metall keinen Alterungs- oder Ermüdungserscheinungen unterliegt.

Anderseits sind die eingangs erwähnten Vermutungen hinsichtlich der Armaturen der Isolatoren durch die Versuche bestätigt worden, da nach mehr als 100 000 Lastwechseln in größerem Umfange Klöppelbrüche auftraten. Axiale Schwingungen nach Abb. 16 haben sich hierbei als wenig gefährlich erwiesen; bei dieser Beanspruchung, die vermutlich noch ziemlich weit unterhalb der Streckgrenze des Klöppelwerkstoffes bleibt, konnte man selbst bei 10stündiger Versuchsdauer keine Klöppelbrüche erzielen.

Dagegen stellten sich bei Schwingungen senkrecht zur Isolatorenachse und bei Drehschwingungen, Abb. 17 und 18, schon nach 5stündiger Versuchsdauer verschiedentlich Klöppelbrüche ein. Diese Brüche, die die Form von glatten Abrissen (ohne Fließkegel) am Klöppelknopf zeigten, ließen deutlich erkennen, daß es sich um Ermüdungs- oder Dauerbrüche handelt. Da jedoch ein Teil der Klöppel auch diese letztgenannten Versuche anstandlos aushielt, wurde der Klöppelwerkstoff eingehend mechanisch, chemisch und metallographisch untersucht. Hierzu dienten Proportionalzugstäbe, die einem gebrochenen Klöppel, einem Klöppel, der die Prüfung ausgehalten hatte, und einem Klöppel im Anlieferungszustand entnommen waren. Während die statische Festigkeitsprüfung und der chemische Befund praktisch keinen Unterschied zeigten, ergab die metallographische Prüfung, daß ein Gefüge mit besonders feiner Struktur die größte Sicherheit gegen Bruch durch dynamische Dauerbeanspruchungen bietet. Dieser Forderung wird bei Stahlklöppeln, die neuerdings zur Erzielung hoher Bruchfestigkeit der Isolatoren viel gebraucht werden, am besten durch einen Kohlenstoff-Mangan-Vergütungsstahl entsprochen. Weiter müssen Schwächungen der Klöppel, z. B. durch scharf eingedrehte Kanten, die wegen ihrer Kerbwirkung den Ausgang für Dauerbrüche bilden, unbedingt vermieden werden[3]). [M 1485] Wa.

[2]) Vergl. Handrek, Porzellan als Werkstoff, Z. Bd. 71 (1927) S. 1553.

[3]) Vergl. László, Die Kerbe, Z. Bd. 72 (1928) S. 851.

Kleine Mitteilungen

Großer Hochdruck-Dampfkessel

Die Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft hat in ihrem Werk Belfort für die Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité einen Dampfkessel von 1800 m² Heizfläche hergestellt, der 120 t/h Wasser bei 43 at Überdruck und 440° Temperatur verdampfen soll. Der Kessel hat zwei obenliegende wagrechte Trommeln sowie eine untere Trommel; die Durchmesser der Trommeln betragen bis zu 1250 mm und ihre Wanddicken bis zu 87 mm. Das vorderste Rohrbündel besteht aus sechs Reihen und ist aus Rohren von 82,5 mm Außendurchmesser bei 5 mm Wanddicke zusammengesetzt. Der gesättigte Dampf wird aus einer besonderen Trommel über der hinteren oberen Kesseltrommel entnommen, die als Wasserabscheider dient. Alle vier Kesseltrommeln sind mit gewölbten Böden nahtlos geschmiedet und von Schneider in Creusot geliefert. Vor der Berührung durch die heißen Feuergase sind die Trommeln durch besondere Anordnungen geschützt. Der Kessel ist an einem Eisengerüst aufgehängt, von dessen oberen Querträgern Zugbänder unter die oberen Kesseltrommeln greifen. Er wird mit Kohlenstaub geheizt und hat eine mit Kühlrohren ausgekleidete Feuerkammer. („Power" 17. Juli 1928 S. 98/99*) [N 1883 a] H.

Wärmeschutz von Flammöfen

In der Versammlung der Association of Iron and Steel Electrical Engineers in Chikago sprach Mc Millan über die Vorteile der Isolierung von Siemens-Martin-Ofenkammern. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Verringerung des Brennstoffverbrauchs für 1 t erzeugten Stahls.
2. Erhöhung der Vorwärmtemperaturen von Luft und Gas.
3. Verkleinerung des Luftdurchtritts durch das Mauerwerk.
4. Schnelleres Anheizen.
5. Steigerung der Erzeugung.
6. Geringere Verluste während der Sonntagsruhe.
7. Erhöhte Abgastemperaturen, somit gesteigerte Dampferzeugung der Abhitzekessel.

Für ein rd. 35 cm dickes Deckengewölbe mit einer mittleren Innentemperatur von 1350° ergibt sich z. B. bei 5 cm dicker Isolierschicht eine Ersparnis von rd. 1200 kcal/m² h. Die Isolierung der Seitenmauern besteht gewöhnlich aus zwei überlappt angeordneten Schichten von insgesamt 9,5 cm Dicke, die bis zu einer Höhe von 0,3 m unterhalb des Deckengewölbes hinaufreichen. Messungen zeigten einen Temperaturunterschied von annähernd 670° zwischen der Isolierschicht und den feuerfesten Steinen. Die Isolierschicht für das Deckengewölbe ist meist 4,5 bis 5 cm dick, die für den Boden und den oberen Teil der Seitenmauern 5 cm. („The Iron Age" 12. Juli 1928 S. 86) [N 1883 c] Le.

Luftpumpe für hohe Luftleere

Will man mit einer Kolbenpumpe einen hohen Unterdruck erzielen, so muß der schädliche Raum möglichst klein sein. Der schwedische Ingenieur Friberg hat diese Aufgabe dadurch gelöst, daß er den Pumpenkolben etwas aus dem Zylinder heraustreten läßt, wobei der federnd aufgesetzte Zylinderdeckel, der zugleich als Auslaßventil dient, mit abgehoben wird. Zu Beginn des Ansaughubes berühren sich der genau plangeschliffene Kolbenboden und Zylinderdeckel, so daß alle Luft aus dem Zylinder entweichen muß.

Eine Nockenwelle steuert das Ansaugventil sowie den mit einer Feder gespannten Hebel, der den Zylinderdeckel auf den Zylinder drückt. Der Zylinderdeckel muß mit dem leerzupumpenden Raume durch biegsame Rohre verbunden sein. Die Pumpe wird in Skandinavien u. a. zum Trocknen von Nutzholz bei Luftleere benutzt, wobei man 99,7 bis 99,9 vH der vollkommenen Luftleere erreicht haben soll. („The Engineer" 27. Juli 1928 S. 97*) [N 1883 b] Schr.

Elektrische Öfen bei Ford

Ford verwendet in seinem Fordson-Werk 115 elektrische Öfen mit einer Gesamtleistung von rd. 20 000 kW. 76 davon dienen zur Warmbehandlung von Federn; sie liefern in zwei Achtstundenschichten 6000 Hinterachsfedern, 12 000 Vorderachsfedern und 2500 Federn für Anhänger. 28 Öfen stehen in der Schmiede, die übrigen 11 befinden sich in verschiedenen Abteilungen.

Die Öfen mit Temperaturen bis zu 815° haben Widerstandbänder aus 80 vH Nickel und 20 vH Chrom; einige Öfen für höhere Temperaturen haben Tröge aus Karbidmasse, die mit feinkörniger Kohle gefüllt sind; andre Hochtemperaturöfen haben Widerstände aus einem nichtmetallischen, Siliziumkarbid ähnlichen Stoff. Zwei Öfen haben Drahtwiderstände, einer Graphitwiderstände.

Der elektrische Strom wird dem Werk als Wechselstrom mit 13 200 V zugeführt und dort in zwei Verteilanlagen auf 220 und 440 V herabgespannt. („The Iron Age" 12. Juli 1928 S. 73*) [N 1883 d] Pa.

Kies- und Sandaufbereitanlage

In der Kies- und Sandgrube der Lincoln Sand and Gravel Co. bei Burton. Saseilby, wurde eine neue Aufbereitanlage errichtet. Bevor der Sand und Kies aus der Grube zur Aufbereitanstalt kommen, werden sie in einer Waschanlage ausgeschlämmt. In der Aufbereitanlage werden Kies und Sand getrennt behandelt. Bei der Kiesaufbereitung ist die Bauart des Zylindersiebes bemerkenswert. Es besteht aus zwei ineinander konzentrisch gelagerten Rundsieben verschiedener Maschenweiten, wird

durch Reibrollen angetrieben und macht 7 U/min. Die hier abgesiebten großen Stücke werden zerkleinert und dann dem Kiesel in einem Rundsieb, das durchweg mit ⅛″ gelocht ist, ausgewaschen. Das ausgewaschene Gut wird dann in einem dreistufigen Sieb in drei Größen: 17,5, 12,7 und 6,4 mm getrennt.

Die Anlage bereitet täglich 120 t Kies und 60 t Sand auf und braucht nur zwei Glühkopfmotoren von je 35 PS, die auch die Kippwagen von der Grube holen und noch einen kleinen Stromerzeuger treiben. („The Engineer" 27. Juli 1928 S. 96/97*) [N 1883 e] Schr.

Englisches Landgut mit vollkommen elektrischem Betrieb

In der Landwirtschaft Englands findet die Elektrizität weitgehende Anwendung. Als ein Musterbeispiel hierfür kann das Landgut East Grinstead bezeichnet werden. Es wird elektrisch gepflügt — übrigens dies noch der einzige Fall in England —, die Mäh- und Bindemähmaschinen werden elektrisch angetrieben. Die Leistung ist dadurch um 30 vH gesteigert worden. Wenn die Sonne nicht scheint, um Heu machen zu können, wird das Gras elektrisch getrocknet. Die Meierei ist vom Melken der Kühe bis zu den Kühlanlagen elektrisch eingerichtet. Eine Brutanlage, elektrisch beheizt und vollständig selbsttätig, für 2400 Eier Fassungsvermögen ist aufgestellt. Eine Elektrokultur wird mit 80 000 V betrieben. Die Treibhauswärme für junge Pflanzen liefert eine Mazdalampe von 2000 Kerzen mittels eines Reflektorspiegels, der in etwa 1,5 m Entfernung von den Pflanzen aufgestellt ist. Im Küchenhof dient ein elektrischer Mottenfänger zu deren Vernichtung.

Auf dem Gut befindet sich auch eine mit Elektromotoren betriebene Werkstätte, in der die landwirtschaftlichen Maschinen ausgebessert werden. Ein eigenes Wasserkraftwerk liefert den gesamten Strom. („The Engineer" 27. Juli 1928 S. 87) [N 1883 f] Ro.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Lehrbuch der zeitgemäßen Vorkalkulation im Maschinenbau. Von Friedrich Kresta und Theodor Käch. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 294 S. mit 132 Abb. 116 Tabellen und 7 logarithm. Tafeln. Preis 22 *RM*.

Das nach Verlauf von sieben Jahren in zweiter Auflage erschienene Lehrbuch weist eine beträchtliche Erweiterung von 173 auf 294 Seiten auf. Die wichtigsten neuen Abschnitte sind: Kalkulation und Unkostenberechnung im allgemeinen, Gliederung von Hand- und Maschinenarbeitzeiten, Zeitverluste und Ermüdungzuschläge, Maschinenkarten, Gliederung der Arbeitsgänge, Schlosser- und Montagearbeiten, Arbeitzeiten bei Schweißarbeiten. Das Buch gliedert sich in fünf Kapitel: Einleitung, Maschinen mit umlaufender Hauptbewegung, Maschinen mit hin- und hergehender Hauptbewegung, Handarbeiten und Zeitstudien.

Es enthällt eine Fülle wertvoller Angaben aus der Erfahrung eines Kalkulators, vor allem Handzeiten, wie man sie praktisch verwenden kann. Man findet Mittelwerte für Griff- und Einrichtzeiten an Revolverbänken, Bohrmaschinen, Zahnradfräsmaschinen, Kreissägen, Hobelmaschinen, Tafeln für das Einziehen von Stehbolzen, Einsetzen von Kopfschrauben, für das Bemeißeln und Feilen von Zahnflanken, für Schweißen usw. In dieser Beziehung stellt das Buch zweifellos eine wichtige Erscheinung auf dem Büchermarkt dar, wenn es auch nicht das einzige seiner Art ist.

Nicht einverstanden kann ich dagegen mit den Angaben über die Laufzeitermittlung sein. Sie sind so, als ob keine andern Arbeiten auf diesem Gebiete, z. B. keine AWF-Richtwerte[1]) vorhanden wären. Die AWF-Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit sind beträchtlich größer; es wäre also eine Benachteiligung der Industrie, wollte man ihr empfehlen, sich nach den Werten von Kresta zu richten. Auch die Schnittgeschwindigkeiten für Arbeiten mit Kühlung sind zu niedrig: die Gleichung auf S. 25 oben läßt 16 vH Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit bei Kühlung zu; nach den AWF-Richtwerten ist die geschätzte zulässige Erhöhung bisher mit 30 bis 40 vH angegeben worden. Diese Erhöhung ist erst vor kurzem durch Versuche von Schlesinger bestätigt worden. Überflüssig und störend ist das ständige Nebeneinanderrechnen mit den Einheiten mm/s und m/min.

Das Buch ist in bezug auf die Maschinenarbeit wenig, in bezug auf die Handzeiten und die Beschreibung der technischen Vorgänge an verwickelten Maschinen (z. B. Kegelrad-Hobelmaschinen) dagegen als recht wertvoll zu beurteilen. [E 1745] Dr. Kronenberg

Rostfreie Stähle. Von J. H. G. Monypenny. Übersetzt von Rudolf Schäfer. Berlin 1928, Julius Springer. 342 S. mit 122 Abb. Preis 27 *RM*.

Ist es nicht auch ein Zeichen unserer schnellen technischen Entwicklung, daß sich über die rostfreien Stähle, deren Anfänge in die allerletzten Jahre vor dem Weltkriege fallen, bereits eine Monographie schreiben läßt? In der Tat, Stoff genug zu einer solchen ist, wie die Durchsicht des Buches zeigt, vorhanden.

Nach einer geschichtlichen Einleitung, die besonders die Verdienste des allzu früh verstorbenen Monnartz ins rechte Licht rückt, folgt der einführende Abschnitt über den Einfluß des Chroms auf Härte und Gefüge des Stahls. Im nächsten Abschnitt wird die Herstellung und Verarbeitung behandelt, wobei wichtige Angaben über Erzeugung, Walzen und Schmieden, Beizen, Wärmebehandlung, Löten und Schweißen gemacht werden. Hieran reihen sich zwei Kapitel über den Einfluß der Zusammensetzung, Wärmebehandlung und Kaltbearbeitung auf die mechanischen und physikalischen Eigenschaften und auf die Korrosionsfestigkeit. Es folgen zwei Abschnitte über den Widerstand gegen verschiedene Angriffsmittel und über einige Anwendungen, also diejenigen Angaben, die den Verbraucher am meisten berühren. Hiervon interessiert den Maschineningenieur besonders die Anwendung der rostfreien Stähle für Dampfturbinenschaufeln und im Lokomotivbau für Ventile, Armaturen, Schieber- und Kolbenstangen.

Die bekannten nichtrostenden unmagnetischen Chromnickelstähle nach Kruppschen Patenten sind in einem eingeschobenen Kapitel „Besondere rostfreie Stähle" ziemlich stiefmütterlich behandelt. Es hängt dies wohl damit zusammen, daß der englische Verfasser als Mitarbeiter von Harry Brearley in Sheffield mit der Entwicklung der ersterwähnten Chromstähle aufs engste verbunden ist. Der deutsche Bearbeiter hat es sich angelegen sein lassen, an geeigneten Stellen auf die Entwicklung und Eigenschaften der Kruppschen Stähle wie auf sonstige deutsche Arbeiten hinzuweisen und hat auch ein recht ausführliches Schrifttumverzeichnis hinzugefügt.

Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich. Einige Sprachwidrigkeiten und irreführende Übersetzungsfehler sind in der wohl bald erforderlichen zweiten Auflage noch auszumerzen.
[E 1760] H. Schottky

Monographien über angewandte Elektrochemie, 47. Band: **Zinkelektrolyse und naßmetallurgische Zinkverfahren.** Von Oliver C. Ralston. Übersetzt von Gg. Eger. Halle a. d. S. 1928, Wilhelm Knapp. 282 S. m. 96 Abb. Preis 23 *RM*.

Das vorwiegend in amerikanischen Zeitschriften und Forschungsarbeiten verstreut liegende Tatsachenmaterial erscheint in diesem Buche nach Arbeitsverfahren übersichtlich geordnet und kritisch behandelt. Besonders wird entsprechend ihrer überragenden Bedeutung die H_2SO_4-Laugung besprochen. Das Kapitel über die Laugenreinigung enthält eine gute Zusammenfassung der bisher veröffentlichten amerikanischen Forschungsarbeiten. Eine kurze Beschreibung der bestehenden Großanlagen bildet den Schluß der Übersetzung.

Der von Dr. Eger verfaßte Nachtrag schildert die Entwicklung des Verfahrens in den letzten Jahren. Eine wertvolle Ergänzung bildet die Gegenüberstellung der mechanischen Eigenschaften von Elektro-Zink und von Hütten-Zink als Ergebnis von Untersuchungen, die in dem Forschungslaboratorium der Firma Siemens & Halske A.-G. ausgeführt worden sind.

Da es sich vorwiegend um ein für die Bedürfnisse der Praxis geschriebenes Werk handelt, ist der Besprechung der theoretischen Grundlagen natürlich nur ein kleiner Raum zugewiesen. Es wäre aber erwünscht, wenn in einer Neuauflage zum mindesten auf die Arbeiten von Tafel, Thiel, Westrip u. a. kurz hingewiesen würde, die das Wesen der Zink-Elektrolyse in sauren Lösungen erst verständlich machen.

Das Werk füllt eine fühlbare Lücke in der die Metallurgie des Zinks behandelnden deutschen Literatur aus; sein Studium kann den Fachkreisen, die sich mit diesem Sonderzweige näher befassen wollen, warm empfohlen werden. [E 1743] Rtg.

[1]) Richtwerte des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, AWF ... 112.

Die Schweißung des Kupfers und seiner Legierungen Messing und Bronze. Von Hans A. Horn. Berlin 1928, Julius Springer. 102 S. m. 102 Abb. Preis 4,80 *RM*.

Das Werk gibt einen sehr klaren Überblick über den jetzigen Stand der Technik des Kupferschweißens. Hervorzuheben ist die große Anzahl und die saubere Ausführung der Abbildungen.

Der Verfasser hat sich bemüht, nur das für den Betriebsleiter, Schweißer und Studenten wichtigste zu bringen. Die Kenntnis der Schweißgeräte und des Eisenschweißens ist vorausgesetzt. Diese weise Beschränkung macht das Werk übersichtlich und erleichtert das Nachschlagen. Anderseits ist dadurch die Schweißung mit dem elektrischen Lichtbogen unberücksichtigt geblieben, die zwar z. Zt. in Deutschland nur geringe Bedeutung hat, die jedoch wie in andern Ländern auch bei uns ihren Anwendungsbereich erweitern wird. [E 1759] Dipl.-Ing. K. Haas

Heim und Technik in Amerika. Von I. M. Witte. Berlin 1928, VDI-Verlag. 97 S. m. 53 Abb. Preis 5 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4,50 *RM*.

Die Erkenntnis, die in der Industrie bereits zur Selbstverständlichkeit geworden ist, daß die Einführung zweckmäßiger Geräte körperliche Arbeit, Zeit und Kosten spart, greift nunmehr auch auf die Haushaltungen über und bewirkt in ihnen ein Bestreben nach zielbewußter Organisation und Erhöhung des Wirkungsgrades.

Das Buch von I. M. Witte gibt in anschaulichen Bildern und Tafeln einen guten Überblick, wie weit die Bestrebungen nach Vereinfachung in Amerika schon gediehen sind. Mehr noch als bei uns, zwingt die Schwierigkeit der Hausangestelltenfrage die amerikanische Hausfrau, sich in Küche und Heim die Arbeit so weit wie irgendmöglich zu erleichtern. Eine große Industrie kommt ihr da weitgehend entgegen, und das Buch gibt eine ausführliche Schilderung vieler praktischer und zweckentsprechender Geräte, insbesondere für Küche und Waschküche. Alle diese Apparate werden mit bequemen Zahlungsbedingungen geliefert und selbst Universitäten und das Landwirtschaftsministerium beschäftigen sich immer eingehender mit den Fragen, den Haushalt der Städter und insbesondere auch der Landbevölkerung rationeller und gesünder zu gestalten. Aus dem Buche gewinnt man einen Einblick in die ganze Bewegung und erfährt, wie weit die Fragen der Rationalisierung im Haushalt volkstümlich geworden sind. Es scheint demnach allerdings auch in Amerika vorläufig hauptsächlich nur den begüterten — zum Teil, was das Wohnwesen anlangt, sogar nur den reichen — Familien möglich zu sein, sich die Ideen der Vereinfachung und Arbeitsersparnis im vollsten Maße zunutze zu machen. [E 1769] Al. Fr.

Offizieller Bezugsquellennachweis des Reichsverbandes der deutschen Industrie. Bearb. v. A. Seibt. 3. Aufl. München 1928, Max Heitner. 852 S. Preis 18 *RM*.

Die Neuauflage des bestens bekannten Nachschlagewerkes zeigt eine bemerkenswerte Verbesserung in der Anordnung der ersten Gruppen des Bezugsquellenteiles (Werkzeugmaschinen, Sonderwerkzeugmaschinen, Präzisionswerkzeuge für Metallbearbeitung, Vorrichtungen, Schmiedeeinrichtungen, Schweiß- und Lötanlagen, Vermetallungseinrichtungen, Ho bearbeitungsmaschinen, Steinbearbeitungsmaschinen, Pr maschinen). Die neue Anordnung gestattet einen klarer Überblick als bisher und erleichtert das Auffinden der g suchten Quelle wesentlich. Der Hauptteil des Werkes ist no nach der alten Gliederung angeordnet, in der man sich n mit dem Sachwortschlüssel zurechtzufinden vermag. Zu b grüßen ist, daß jetzt schon zum Nutzen der Gebraucher, sow dies möglich war, bei der vorliegenden Auflage die neue Gl derung aufgenommen wurde. Das Buch enthält u. a. auch ein englisches, französisches, italienisches und spanisch Sachwortverzeichnis sowie ein Orts- und Firmenverzeichn [E 1756] Schae

Sammlung Göschen, 974. Bd.: **Radiotechnik.** 5. T.: Die Ele tronenröhre. Von Otto Stürner. Berlin und Leipz 1927, Walter de Gruyter & Co. 124 S. m. 88 Abb. u. 16 T Preis 1,50 *RM*.

Der Fachmann wird nichts Neues finden, der Funkli haber wird es jedoch begrüßen, alles was bisher entwed in dickbändigen Werken oder Funk-Zeitschriften verstre war, in einer kurzen Übersicht handlich vereinigt zu finde [E 1724] Dr. Nickel

Frachtverhältnisse und Frachtlage der amerikanisch Eisenindustrie. Von Fritz von Haniel. Berlin 19 VDI-Verlag. 62 S. m. 10 Abb. Preis 4 *RM*, für Mitglied des V. d. I. 3,60 *RM*.

Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. He ausgeg. von der Preußischen Landesanst für Gewässerkunde. 1. H.: Memel-, Pregel- u Weichselgebiet; 2. H.: Odergebiet; 3. H.: Elbegebiet; 4. H Weser- und Emsgebiet; 5. H.: Rheingebiet; 6. H.: Küste gebiet der Ost- und Nordsee. Abflußjahr 1919 Pre 24 *RM*, 1920 25 *RM*, 1921 26 *RM*. Berlin 1927, E. S. Mittl & Sohn.

Die deutschen Industriewerkschulen in wohlfahrts-, wi schafts- und bildungsgeschichtlicher Beleuchtung. Vo Peter Dehen. München 1928, Graphische Kunstansta A. Huber. 300 S. Preis 9 *RM*.

Arbeitsphysiologie. Zeitschrift für die Physiologie d Menschen bei Arbeit und Sport. Herausgeg. von E. At ler und M. Rubner. 1. Bd., 1. H. Berlin 1928, Juli Springer. 86 S. m. 21 Abb. Preis 6,80 *RM*. Die Zeitschri erscheint in Heften in unregelmäßigen Zeitabstände Jedes Heft hat einen andern Preis, je nach dem Inhalt.

Grundriß der Betriebswirtschaftslehre, 13. Bd.: **Nachrichte dienst, Schriftverkehr und Reklame.** Bearb. von Hellaue Jaederholm, Zeitler, Runkel, Isaac, Mah berg, Scheller und Lysinski. Leipzig 1928, A. Gloeckner. 538 S. Preis 28 *RM*.

Brandschutz-Bücherei, 1. Bd.: **Brandschutz-Wegweiser f Industrie und Gewerbe.** Von W. V. Karl und R. Bru ner. München 1928, Ph. L. Jung. 147 S. m. 15 Ab Preis 5 *RM*.

Hauswirtschaft in Wissenschaft und Praxis. 1. Jg. 1. Mai 1928. Mitteilung der Versuchstelle für Hauswir schaft des Reichsverbands Deutscher Hausfrauenverei e. V. in Leipzig. Jährl. 4 H. Preis 2 *RM*. Einzelhe 0,60 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 72 SONNABEND, 18. AUGUST 1928 Nr. 33

Abb. 1. Die Kachletstrecke bei Niederwasser vor der Einstauung.

Die Kachletstufe bei Passau

Von Oberbaudirektor Prof. Dantscher, München

Bedeutung der Kachletstufe für Schiffahrt und Kraftausnützung — Werdegang des Entwurfs — Gesamtanordnung — Schleuse — Wehr — Maschinenhaus.

Im Spätherbst des Jahres 1927 ist an der Donau oberhalb Passau ein großes und bedeutendes Bauwerk zu Ende geführt worden. Im Jahre 1922 begonnen, ist die nun vollendete Staustufe für das bayerische Kachlet das wichtigste Bauwerk für die Schaffung des Großschiffahrtsweges auf der Donaustrecke zwischen Passau und Regensburg.

Zustand vor dem Bau

Das Bauwerk hat eine lange Vorgeschichte. Betrachtet man die rd. 157 km lange Donaustrecke von Regensburg bis Passau, so erkennt man zwei ganz verschiedene Teile. Während auf der weitaus größeren Strecke von Regensburg bis Hofkirchen der Donaustrom sich in gewundenem Laufe im Schotterboden bewegt, durchbricht er auf der 27 km langen Strecke von Hofkirchen bis Passau das Urgestein des bayerischen Waldes. Die charakteristischen Eigenschaften eines Durchbruchtales treten in dieser Strecke auf: breites Bett, geringe Tiefe, vorwiegend gestreckter Lauf, stark wechselnde Gefälle von 0,2 m/km bis 2,7 m/km. Dazu kommt, daß das hier vorhandene Gestein, Gneis und Granit, in scharfen Kanten bricht und von sehr verschiedener Härte ist. Eine Reihe von einzelnen kugelförmigen Steinen hat, bisweilen oft mitten im Flußbett, dem Angriff des Wassers standgehalten, und so sieht bei Niedrigwasser das Strombett wie zerhackt aus, woher auch der Name Kachlet sich ableitet, Abb. 1.

Für die Schiffahrt ist diese Strecke immer ein Hindernis gewesen. Nur ortskundige Lotsen konnten sie sicher durchfahren; das Fahrwasser ist durch die großen Kugelfelsen so unregelmäßig und beengt, daß ein Ausweichen von Berg- und Talfahrern in dieser Strecke unmöglich ist; in den Strecken starken Gefälles ist starke Zugkraft der Dampfer und lange Fahrzeit notwendig. Die Bestrebungen, hier Besserung für die Schiffahrt zu bringen, reichen weit zurück. Das Absprengen einzelner Felskuppen war das erste Abhilfemittel; im weiteren Verlaufe ging man dazu über, eine Fahrrinne einzusprengen, wobei man, um die nötige Wassertiefe zu sichern, gleichzeitig den Strom durch Leitwerke in der Breite einschränkte. Mit dieser Methode der Regelung war zu Anfang dieses Jahrhunderts durch das ganze Kachlet eine Fahrrinne erreicht, die bei niederstem schiffbarem Wasserstand (NSW, d. i. + 10 Vilshofener Pegel) eine Tiefe von 1,4 m und eine Breite von 42 m aufwies.

Den steigenden Ansprüchen der Schiffahrt genügte das aber bald nicht mehr und es setzten Bestrebungen ein, die Fahrrinne für NSW zu erweitern und zu vertiefen. Man erkannte aber bald, daß mit den bisherigen Regulierungsmethoden kein Fortschritt zu erzielen war, und bereits 1904 tauchte zum erstenmal der Gedanke auf, diese Felsstrecke mit drei Staustufen zu überstauen, also zu kanalisieren. Auch der Gedanke wurde erwogen, die ganze Strecke mit einem Seitenkanal, der am linken Ufer liegen sollte, zu umgehen. Über den Erörterungen dieser Lösungen kam der Krieg.

Während des Krieges kam das Kachletproblem von einer andern Seite her ins Rollen. In der Zeit des Energiebedarfes und der Kohlennot sah man die in dieser

Abb. 2
Lageplan der Kachletstufe. 1 : 8000.

a Pumpwerk Meierhof
b Dammbalken-Lagerplatz
c Schleusenmeister
d Umspannwerk des Bayernwerkes
e Kabelbrücke mit Fußgängersteg und Kranbahn
f Schalthaus
g Klärbecken
h Wehrwärter
i Eisenbahnbrücke

Felsstrecke vorhandenen 11 m Rohgefälle und dachte daran, hier eine Wasserkraft großen Stiles für elektrochemische Zwecke zu gewinnen. Diesen Gedanken behandelten verschiedene Projekte; sie sind alle dadurch gekennzeichnet, daß die Schiffahrt bei ihnen eine Nebenrolle spielt und daß sie darauf abzielen, das beste Gefällestück des Kachlets herauszuschneiden. Nur eines der Projekte jener Zeit ging so weit, die ganze Felsstrecke mit einem einzigen Bauwerk zu überstauen. Als im Jahre 1917 für die Projektierung der Großschiffahrtsstraße Rhein – Main – Donau das bayerische Kanalbauamt gegründet wurde, trat wieder der Schiffahrtsgedanke in den Vordergrund und das Ergebnis war ein Entwurf, der die Überstauung der gesamten Felsstrecke mit einem Stauwehr vorsah, eine Lösung, die in gleicher Weise vom Standpunkte der Schiffahrt, wie der Kraftausnutzung sich als zweckmäßig erwies, Abb. 2.

Allgemeine Lage

Die Staustufe liegt unmittelbar oberhalb der Eisenbahnbrücke, auf der die Bahnlinie Passau – Freyung die Donau überschreitet, rd. 3½ km oberhalb der Stadt Passau. Die Donau macht dort einen kräftigen Bogen nach Süden und die Staustufe wurde so gelegt, daß der Schiffahrtsweg in der Sehne des Bogens geführt ist, das Wehr im Strome selbst steht und zwischen Wehr und Schiffahrtsweg das Krafthaus sich einfügt. Mit dieser Aneinanderfügung der drei Bestandteile der Staustufe war der Schiffahrt in weitgehendstem Maß Rechnung getragen; mit einem breiten, geräumigen Vorkanal von 350 m Länge zweigt sie vom Strome ab und kommt zu den Kammerschleusen; in diesen wird das Gefälle der Staustufe von 9,2 m bei NSW und von 5 m bei HSW überwunden; in einem breiten Unterkanal, der die Bahnlinie Passau – Freyung unterführt, erreicht die Schiffahrt wieder die freie Donau.

Der Schiffahrt mußten bei dieser Staustufe, der einzigen, die sie bis jetzt auf der ganzen Donau zu passieren hat, möglichst günstige und sichere Verhältnisse geboten werden. Das drückt sich in den Anlagen aus. Von vornherein sind zwei Kammerschleusen erbaut. Ihre Ausmaße mit 230 m Nutzlänge und 24 m Breite sind so, daß jede einen Schiffzug, bestehend aus einem großen Raddampfer und vier Schiffen zu je 1000 t, aufnehmen kann. Die Kachletschleusen sind die derzeit größten Binnenschiffahrtsschleusen Europas. Die Drempeltiefen sind am Un haupt 3 m unter niederstem schiffbarem Wasserst Am Oberhaupt liegt bei der Südschleuse, Abb. 3, Drempel so tief, daß die derzeit bestehende Schiffa auf der Donau selbst bei beseitigtem Stau wieder bis jetzt vorhandene, schon erwähnte Tiefe von 1, vorfindet. Da die Donau dem internationalen Regi unterstellt ist, war das Kachletprojekt der internat nalen Donaukommission vorzulegen.

Schiffahrtschleusen

Die Kammern der Schiffahrtschleusen haben Bet wände, ihre Sohlen sind, da die Schleusen ganz in gut Fels liegen, unbefestigt. Als Verschlüsse dienen am Ob und Unterhaupt Stemmtore, die wegen der großen A maße und Gewichte mit Schwimmkästen versehen sind. Kanäle zum Füllen und Entleeren der Kammern führ kurz um die Tore herum und sind mit Rollkeilschütz verschlossen; nur beim Oberhaupt der Nordschleuse si Zylinderschützen verwendet. Sowohl die Tore wie Schützen werden elektrisch angetrieben; es ist vorgeseh den Antrieb der vier Häupter zusammen mit der Betä gung des Signal- und Beleuchtungsdienstes später v einer Stelle aus zu bedienen.

Abb. 3
Die Südschleuse.

Abb. 4
Schnitt durch die Wehranlage. 1 : 375.

Für Ausbesserungen an den Toren sind schwimmende eiserne Dammbalken vorgesehen, die am Nordufer gleich beim Oberhaupt auf einer eigenen Hellinganlage lagern.

Der Schleusenmeister mit seinen Gehilfen hat sein Dienst- und Wohngebäude am Nordufer der beiden Kammerschleusen und auch zwischen ihnen sind geräumige Flächen für die Bedienung der Schiffahrt und um gegebenenfalls später eine Treidelei zu ermöglichen.

Stauwehr

Das Wehr, Abb. 4, liegt im Strome senkrecht zur Stromrichtung. Es staut das Niedrigwasser um 9,2 m und hat eine Hochwassermenge von höchstens 6000 m/s abzuführen; außerdem sind im Winter zeitweilig große Eismengen zu bewältigen. Diese Aufgaben kann nur ein bewegliches Wehr erfüllen. Als Verschlüsse wurden eiserne Doppelschützen, Bauart Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, gewählt. Die lichte Weite der sechs Öffnungen beträgt 25 m, die zwischen ihnen liegenden Pfeiler sind 5 m dick, so daß das gesamte Wehr zwischen den Widerlagern 175 m lang ist.

Der Wehrrücken liegt bei sämtlichen Öffnungen gleich hoch, ungefähr auf Höhe der Stromsohle. Das normale Oberwasser liegt 11,3 m über dem Wehrrücken, so daß das einzelne Schütz eine Durchflußfläche von 282,5 m² zu decken hat. Jedes Schütz ist in einen unteren Teil von 8,3 m und in einen oberen von 3 m aufgeteilt. Das obere Schütz kann versenkt werden. Bei ganz versenktem Oberschütz, Abb. 5, können kleinere Hochwasserwellen, vor allem aber Eismassen, abgeführt werden, ohne daß die Unterschützen gehoben werden müßten. Als Hilfsverschluß bei einem Versagen der Schützen oder ihrer Antriebe sind sechs eiserne Dammbalken vorgesehen.

Bei den beträchtlichen Ausmaßen und Kräften, wie sie hier auftreten, sind natürlich auch die Vorrichtungen für das Heben und Senken der Schützen, das Lagern und Einbringen der Dammbalken, umfangreich. Das ganze ist in einem Überbau untergebracht, der sich auf die Gesamtlänge des Wehres erstreckt. Unter diesem Überbau liegen die Windwerke der Schützen auf besonderen Fachwerkträgern, die von Pfeiler zu Pfeiler reichen; ebenso liegen die Dammbalken zwischen den Pfeilern. Den Überbau selbst tragen Eisenbetonbalken, Bauart Melan, Abb. 6, die auch die Kranbelastung aufnehmen. Der Kran kann das ganze Wehr innerhalb des Überbaues befahren und dient in erster Linie zum Einsetzen der Dammbalken, dann aber auch für den Ein- und Ausbau der Antriebsvorrichtungen.

Maschinenhaus

Das Krafthaus, Abb. 7, liegt zwischen Wehr und Kammerschleusen. Seine Längsachse ist mit einer kleinen Verschiebung nach Oberstrom die Fortsetzung der Wehrrichtung. Es verarbeitet eine Werkwassermenge bis zu 700 m³/s. Wie aus Abb. 8 zu ersehen, wird diese Wassermenge an rd. 130 Tagen erreicht oder überschritten. Das Gefälle schwankt mit den Wassermengen von 9,2 m beim niedersten Wasserstand bis fast 0 m bei den allerhöchsten Hochwässern. Im Mittel ist 7,65 m Gefäll vorhanden. Bei der gewählten Werkwassermenge und den vorhandenen Gefällen beträgt die mittlere Jahresleistung bei einem Turbinenwirkungsgrad von 75 vH rd. 248 Mill. kWh. Die Werkwassermenge sollte ursprünglich auf zehn Turbinen verteilt werden, bei weiterer Entwicklung des Entwurfs ging man auf acht Einheiten zurück und wählte Propellerturbinen. Die Hauptangaben sind:

Gefäll	7,65 bis 9,2 m
Spez. Drehzahl N_s	500
Drehzahl	75 U/min
Leistung	7450 bis 9320 PS.

Die kleine Drehzahl bedingte, wenn man nicht zu Getrieben greifen wollte, große und schwere Stromerzeuger, die in ihren Ausmaßen und Gewichten die baulichen Anordnungen bestimmten.

Vom baulichen Standpunkte aus ist es eigentlich selbstverständlich, daß Anlagen der vorliegenden Art einkränzige Turbinen mit senkrechter Achse erhalten. Diese stehende Anordnung allein gestattet, mit Stromerzeuger, Maschinenhausfußboden, Belüftung und sonstigem Zubehör über das oft sehr hohe Unterwasser herauszukommen

Abb. 5
Das Wehr von unterstrom gesehen mit abgesenkten Schützen.

Abb. 6
Wehr und Krafthaus von oberstrom gesehen.

Abb. 7
Querschnitt durch das Krafthaus.
1 : 375.

und so schwierige und unsicher wirkende Dichtungsarbeiten im Krafthausbau zu vermeiden.

Die Ausbildung des Hochbaues bei solchen Krafthäusern ist nur von der gewählten maschinellen Anordnung abhängig. Für die acht Einheiten und einen Abstellraum mußte das Maschinenhaus 147 m lang und 15,87 m breit sein, Abb. 9. Zur Belüftung wird die Luft oberstrom in Dachhöhe ein- und ausgeführt. Diese Luftschächte geben gegen das Oberwasser eine gute architektonische Wirkung. Der ganze Hochbau ist ebenso wie der Wehrüberbau in Klinkermauerwerk durchgeführt. Die Zweckmäßigkeit, Verputz zu vermeiden, der bei so großen Mauerflächen und in der Nähe des Wasserstaubes des Wehres schwer zu erhalten ist, kam hier den architektonischen Bedürfnissen entgegen.

Die Zuläufe zu den einzelnen Turbinen und ihre Verschlüsse erhalten bei rd. 90 m³/s je Einheit ganz ansehnliche Ausmaße; als Verschlüsse gegen das Oberwasser sind hier Rollklappen, Bauart Escher, Wyß & Cie., verwendet, die mit Preßkolben betätigt werden. Um jede Turbinenkammer gegebenenfalls trockenlegen zu können, sind oben und unten noch Dammbalkenverschlüsse angeordnet.

Das Wasser wird der Donau mittels eines Einlaufbauwerkes entnommen, das in der Richtung der alten Uferlinie des Stromes verläuft. Es ist 257,6 m lang, 6,5 m tief und hat 1674 m² Einströmfläche. Es ist mit einem Feinrechen von 5 cm Stababstand gedeckt. Besondere Rücksicht war hier auf die Eisverhältnisse zu nehmen; die Pfeiler des Einlaufbauwerkes sind gegen Eisdruck besonders stark konstruiert, eine Tauchwand, die bis 80 cm tief unter das Oberwasser reicht, soll Schutz gegen Oberflächeneis bieten und dieses gegen die Wehröffnung leiten. Im Einlaufbauwerk ist auch eine Öffnung zum Durchlaß eines kleinen Schiffes oder eines kleinen Baggers in den Oberwasserkanal vorgesehen. Nach dem Unterwasser zu sind die Saugschläuche so tief gelegt, daß selbst bei denkbar niederstem Unterwasser keine Luft eindringen kann.

Nördlich an das Krafthaus, senkrecht zur Krafthausrichtung, schließt sich ein Niedervolthaus an. Der Strom wird durch dieses Haus und über einen hochgelegenen Kabelsteg, Abb. 10, über die Schleusen zu dem Umspannwerk des Bayernwerkes geleitet, Abb. 2, wo er auf 20 kV oder 100 kV umgeformt wird.

Dieser Kabelsteg trägt einen 30 t-Kran und gestattet vom Nordufer her alle Transporte zu dem auf der Insel liegenden Krafthaus ohne Störung der Schiffahrt. Das Umspannwerk und das Nordende des Kabelsteges haben Bahnanschluß.

Erwähnt sei noch, daß der Kabelsteg auch dem öffentlichen Fußgängerverkehr dient. Dieser Verkehr geht vom Südufer zum Nordufer auf einem Steg, der unterstrom vom Wehr und Krafthaus zur Insel und von da über den Kabelsteg zum Nordufer führt.

Zu den drei beschriebenen Hauptteilen der Staustufe kommt noch eine Reihe von Nebenanlagen; denn es ist klar, daß die Hebung eines so großen Flusses um ein so bedeutendes Maß weitgehende Eingriffe in bestehende Verhältnisse längs der Ufer und damit wieder die Notwendigkeit für manche Bauten bringt. So mußte bei der Eisenbahnbrücke Passau-Freyung die linksseitige Öffnung von 35 m Weite durch Einbau eines neuen Fachwerkträgers auf 73 m Weite gebracht werden, um den Unterkanal der Kammerschleuse in seiner ganzen Breite aufnehmen zu können. Gleich unterhalb der Bahnbrücke war ein geräumiger Schiffsliegeplatz zu schaffen.

Abb. 8
Leistungsplan.
Wasserstand, Wassermenge, Gefälle, Leistung.
Größte auszunützende Wassermenge 600 oder 700 m³/s.
Hochwasser- und Eistage sind nicht abgezogen.

	bei 600 m³/s	bei 700 m³/s
Mittlere Jahresleistung	14 162 000 PS-Tage oder 230 140 000 kWh	15 257 000 PS-Tage oder 247 940 000 kWh
Mittlere Tagesleistung	38 800 PS-Tage oder 630 500 kWh	41 800 PS-Tage oder 679 300 kWh

In dem 27 km langen Staugebiet oberhalb der Staustufe war eine der schwierigsten Aufgaben, die Bacheinläufe der neuen Wasserspiegelhöhe der Donau anzupassen. Schwierig war diese Aufgabe, weil die gestaute Donau sich stellenweise recht beträchtlich über das Gelände erhebt und weil dort, wo Bäche einmünden, sich gerade immer Ortschaften befinden.

Mit Rückstaudämmen längs der Bäche konnte deshalb nicht gearbeitet werden. Es wurden vielmehr die Wasserläufe so hoch oben neu gefaßt, daß sie in einem neuen Gerinne und mit natürlichem Gefälle bis zur gestauten Donau geführt werden konnten. Diese neuen Gerinne führen zum Teil um die Ortschaften herum, zum Teil als Eisenbetongerinne durch sie hindurch. Auf der Südseite der Donau mußten dabei jeweils die Doppelbahn Regensburg–Passau und die Staatsstraße gekreuzt werden. Bei dieser Art der Lösung blieb immer unterhalb der Fassungsstelle ein Gebiet, das nicht mehr natürlich entwässerte; für diese Gebiete wurden Pumpwerke — im ganzen acht — eingerichtet, die die Niederschlagwassermengen in die gestaute Donau heben. Die schon erwähnte Staatsstraße auf dem Südufer mußte an einer Stelle auf 2 km Länge gehoben werden.

Die Bauausführung

Die Anlage wurde von der Rhein-Main-Donau-Aktiengesellschaft, München, als Bauherrin ausgeführt. Diese Aktiengesellschaft ist in der Hauptsache ein Unternehmen des Deutschen Reiches und des Staates Bayern für die Durchführung der Großschiffahrtsstraße vom Rhein über den Main zur Donau. Die Gesellschaft hat für die Durchführung der Bauten eine vom bayerischen Staat gestellte baubehördliche Organisation zur Verfügung. Für den Bau der Kachletstufe war das Neubauamt Regensburg zuständig, das als Außenstelle hierfür eine örtliche Bauleitung in Passau erhielt.

Die Bauarbeiten begannen in der zweiten Hälfte des Jahres 1922. Die Herstellung der beiden Kammerschleusen mit Ober- und Unterkanal war an die Bayer. Bauindustrie A.-G., München, vergeben, die Herstellung von Wehr und Krafthaus an ein Konsortium der bekannten Unternehmungen Grün & Bilfinger, Mannheim, Edwards und Hummel, Holzmann und Cie. und Siemens Bau-Union, Berlin; die Führung in dem Konsortium hatte Grün & Bilfinger.

Die gesamte Schleusenanlage einschließlich Ober- und Unterkanal wurde in einer einzigen großen Baugrube ausgeführt. Es waren dabei große Felsmassen zu bewältigen. Eine besondere Schwierigkeit bot hier lange Zeit die gegen die Baugrube zu einfallende Schichtung des Gesteins und seine Zerrissenheit, zu der stellenweise noch Einlagerung von Graphit und Schwefelkies zwischen den Schichten kam. Bisweilen genügten schon geringfügige Erschütterungen, um an den bereits abgesprengten Wänden wieder beträchtliche Felsmengen zum Abstürzen zu bringen. Der Schwefelkies erheischte besondere Vorsichtsmaßnahmen bei der Herstellung der Betonmauern. Die Südschleuse konnte im Sommer 1926 eröffnet werden. Die Fertigstellung dieser Schleuse, die auch ohne Stau mit Schiffen befahrbar ist, war der Angelpunkt des ganzen Bauprogrammes. Erst nach Umleitung der Schiffahrt durch die Schleuse konnte der Wehrbau fertiggestellt werden.

Der Bau des großen Wehres war ohne Zweifel der interessanteste und schwierigste Teil. Abgesehen von den Gefahren, die einem solchen Bau durch Hochwasser, Eis und dergl. immer drohen, war hier besonders erschwerend der Umstand, daß bei dem vorhandenen felsigen Flußuntergrund kein Pfahl, keine Spundwand gerammt werden konnte und daß somit die üblichen Mittel der Einrüstung und der Umschließung der Baugruben versagten. Außerdem war bei dem breiten schiffbaren Strom der Verkehr von einem zum andern Ufer sehr erschwert und der für die Einrichtung der Baustelle an den Ufern vorhandene Platz beschränkt. Weiter mußten jeweils mindestens vier Öffnungen für den Hochwasserabfluß frei sein. Da große Massen von Aushubmaterial vom Nord- zum Südufer und große Mengen Baumaterial in umgekehrter Richtung befördert werden mußten, so entschloß sich die Bauleitung, von vornherein von einem Fährenverkehr oder Seilförderer Abstand zu nehmen und eine feste Brücke für den Bau zu errichten, die zwar den Ansprüchen der Schiffahrt bezüglich Höhe und lichte Weite der Durchfahrt genügen mußte, dafür aber auch ein leistungsfähiger Verkehrsweg war.

Abb. 9
Innenansicht des Krafthauses.

Für den Abschluß der Baugruben im Strom wurde ein von der Bauunternehmung Grün & Bilfinger ausgedachtes System von Fangdämmen verwendet, das sich den bestehenden Untergrund- und Stromverhältnissen gut anpaßte und sich vorzüglich bewährt hat. Zur Herstellung dieser Beton-Fangdämme, Abb. 11, wurden in gebohrten Löchern zunächst in zwei Reihen Eisenbahnschienen, die als Leitpfähle für Bohlenwände dienten, aufgestellt. Zwischen den Bohlenwänden wurde dann nach gehöriger Reinigung des Felsens und Abdichtung durch einen Taucher

Abb. 10
Die Kabelbrücke über die beiden Kammerschleusen.

Abb. 11
Bau des Wehres. Betonfangdamm und Verbindungsbrücke.

der Beton unter Wasser eingebracht. Dank der sorgfältigen Arbeit der Unternehmung waren die Fangdämme besonders an dem Anschluß an den Felsen alle sehr dicht. Nach Vollendung des jeweiligen Bauteiles wurden dann die Fangdämme abgesprengt. Das Wehr wurde in vier Baugrubenumschließungen ausgeführt. Beim Bau der Wehrrücken und der Pfeiler wurde von dem Fels alles, was nur irgendwie brüchig und nicht hart war, entfernt, um nach menschlichem Ermessen größte Sicherheit für die Gründungen zu haben. Besondere Überraschungen im Untergrunde haben sich beim Wehr nicht ergeben.

Die Ausführung des Krafthauses war wieder in einer Umschließung möglich, die auch den Oberwasserkanal mit dem Einlaufbauwerk und den Unterwasserkanal umfaßte. Bei diesem Bauwerk mit seiner nahe zusammenliegenden Anordnung hat man den Beton im Gießverfahren eingebracht, Abb. 12.

Die Eisenkonstruktionen des Wehres und des Wehrüberbaues wurden von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg geliefert und eingebaut. Die Wehrschützen wurden hoch montiert, um die Öffnungen für den Wasserdurchfluß freizuhaben. Die Eisenkonstruktionen für die Stemmtore lieferte Klönne, Dortmund, und ihre Antriebsvorrichtungen Krupp - Gruson, Magdeburg.

Eine bautechnische Arbeit besonderer Art bildete das Wegräumen großer Kugelfelsen unterhalb des Wehres; es handelte sich dabei immer um eine Felsmenge von rd. 1200 bis 1500 m³. In einem Falle wurde Bohrung und Sprengung unter Wasser durchgeführt; in einem andern Falle hat man das Felsmassiv mit einem ähnlichen Betonfangdamm wie beim Wehr umschlossen und in trockener Baugrube abgesprengt, wobei dann mit einer großen Schlußsprengung gleichzeitig der ganze Fangdamm zerstört wurde.

Im September 1927 konnte mit dem Anstauen der Donau begonnen werden. Der Stauraum umfaßt rd. 30 Mill. m³. Der Stau mußte langsam und schrittweise erfolgen, damit man seine Wirkungen auf die Bauten, insbesondere auf die Dämme und das Grundwasser im beiderseitigen Gelände, genau beobachten konnte. Wichtig ist hierbei die Rücksichtnahme auf die Schiffahrt, der durch Wasseransammlung oberhalb des Wehres in der unterhalb liegenden Strecke nichts an Fahrtiefe verlorengehen darf. Der Normalstau ist im Februar 1928 erreicht worden. Für die Schiffahrt ist damit bis Vilshofen aufwärts das Kachlet als Hindernis verschwunden. Die Kraftanlage liefert seit November 1927 bereits elektrische Energie.

[B 1174]

Abb. 12
Bau des Krafthauses. Schalung der Turbinenspiralen.

Die Verarbeitung der Filme (Kinofilme)[1]

Von Dr.-Ing. Fritz W e n t z e l, Binghamton, N. Y., U. S. A.

Entwickeln der Negativfilme. — Wässern und Trocknen der Filme. — Kopieren der Negativfilme. — Entwickeln der Positivfilme. — Färben und Tönen der Filme. — Reinigen der Filmrückseite. — Wachsen der Filmschichtseite.

ehen wir bei unserer Betrachtung von der Belichtung des Negativfilmes in der Kamera ab, da diese in das Gebiet der Aufnahmetechnik gehört, und nden wir uns sogleich seiner Entwicklung und der stellung der Positivfilme zu. Es sei vorausgeschickt, die Durchführung aller dieser Arbeitsvorgänge ein erordentlich gut geschultes Personal erfordert. Wie h immer der Film die Kamera verläßt, die ganze Ar der Aufnahmeleitung und der oft große Aufwand an stlerischen Darbietungen und technischen Hilfsmitteln vollkommen in die Hand der in den Dunkelräumen eitenden Laboranten gegeben, denn von ihrer Ge cklichkeit und Sorgfalt hängt das Gelingen und die e des fertigen Filmes ab.

Ständiger Feind bei der Filmverarbeitung ist der sich rall vorfindende Staub, da er bei der außerordentlichen größerung auf der Projektionswand leicht Trügen des Bildes und Flecke verursacht, die die Bild kung bis zur völligen Unbrauchbarkeit beeinträchn können. Aber auch Temperaturschwankungen der tographischen Bäder, die mit dem Gebrauch zunehde Veränderung ihrer Zusammensetzung, die Beffenheit des benutzten Wassers, plötzlich eintretende mschwankungen beim Kopieren oder plötzlicher Temturwechsel in den Arbeitsräumen, selbst ein nur unutendes Schrumpfen des Filmes und ähnliche Voräge sind oft Quellen unangenehmster Störungen, die u durch große Aufmerksamkeit und Erfahrung vermiee werden können.

Entwickeln der Negativfilme

Der Entwicklungsvorgang ist bekanntlich an die eue Innehaltung gewisser Bedingungen geknüpft, will a bestmögliche Ergebnisse erzielen. Hat man diesen n bei der einfachen Schalenentwicklung einer Trokplatte oder eines Planfilmes seine Aufmerksamkeit zu nken, so gilt dies in weit höherem Maße für einen terbrochenen Entwicklungsvorgang, in dessen Ver sich nicht allein die Zusammensetzung des Entwick seine Konzentration und Temperatur ändern, son auch Bildabschnitte verschiedenster Belichtung und abstufung zur Verarbeitung kommen. So sehr man bemüht hat, diesen Forderungen auf maschinellem e nachzukommen, ist es doch bisher nicht gelungen, vollkommene Anpassung an die stets wechseln Erfordernisse der Praxis zu erreichen, so daß man im meinen die selbsttätige Entwicklung auf den Positiv beschränkt, bei dem ein Ausgleich störender Kon wirkungen bereits beim Kopieren vorgenommen de, und der daher eine verhältnismäßig gleiche te zeigt, während für den sehr viel wertvolleren tivfilm das althergebrachte, zuerst wohl in Frank erprobte Entwickeln auf Rahmen in schmalen Trögen beibehalten wurde und z. B. auch in den en amerikanischen Filmfabriken Anwendung findet. es Verfahren gestattet, den Vorgang des Entwickelns u zu verfolgen und im geeigneten Augenblick zu brechen.

Die für die Rahmenentwicklung erforderlichen Hilfsl, mit deren Herstellung sich in Deutschland u. a. das olbearbeitungswerk von Alfred Geyer, Ilmenau, befaßt, sehr einfach. Man wickelt die Filme in Spiralen Rahmen von quadratischer oder rechteckiger Form, Querstege mit Stiften versehen sind, damit ein einandergleiten der einzelnen Filmlagen verhindert Abb. 1. Üblicherweise haben diese Rahmen eine Größe 1,20 × 1,20 m und fassen 60 m Normalfilm; sie be aus Eichen-, Buchen- oder auch Zypressenholz,

[1] Vergl. a. W e n t z e l, Die maschinelle Verarbeitung der photographischen Papiere und Filme, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 29 S. 1017.

RZ1399Z1

Abb. 1 Entwickelrahmen für Kinofilme.

RZ1399Z3

Abb. 2 Entwickeltrog für Kinofilme.

das mit Paraffin getränkt ist, und die Stifte aus Reinnickel oder Monelmetall, damit sie größte Widerstandfähigkeit gegen die Einwirkungen der photographischen Bäder erhalten. Unter den im einzelnen verschiedenen Ausführungsformen ist eine für beiderseitig beschichteten Film bemerkenswert, bei der das Profil der Auflageflächen derart ausgearbeitet ist, daß der Film diese Holzteile nur mit seinen Kanten berührt, so daß also die Flüssigkeiten auch Zugang zu allen Teilen der Filmrückseite haben.

Die mit Film beschickten Rahmen gelangen zu mehreren nebeneinander in die schon erwähnten Entwicklungströge, Abb. 2, die am besten aus Pitchpine-Holz mit durchgehend verschraubten Eisenbolzen bestehen, und in denen sie, damit sie nicht schwimmen können, durch seitlich angebrachte Wirbel oder Keile niedergehalten werden. Das Innenmaß der Tröge entspricht der normalen Rahmengröße, doch werden sie zur Aufnahme mehrerer Rahmen verschieden breit und meist mehrteilig ausgeführt. Ihr Inhalt kann im Bedarfsfall durch warmes oder kaltes Wasser auf gewünschte Temperatur gebracht werden, das man durch bleierne autogen verschweißte Schlangenrohre an ihrem Boden oder durch ein Mantelgefäß fließen läßt. Durch Holzrührer wird die Entwicklerflüssigkeit bewegt, damit ihre Temperatur gleichförmig ist. Die Hähne an den Entwicklertrögen und Rohrleitungen, durch die der Entwickler zufließt, sollen aus Nickel bestehen, die für das Fixierbad aus Blei-Antimon, während Zinn, Kupfer oder roter Kautschuk von allen Teilen der Entwicklungsgeräte auszuschließen sind, da sie, auch wenn der Entwickler nur kurze Zeit mit ihnen in Berührung kam, Schleier auf den Negativen verursachen.

Jedes Negativ wird also sozusagen gesondert entwickelt, und, um gute Ergebnisse zu erhalten, werden zuvor entweder einige kurze Probestreifen verschieden lange entwickelt, worauf dann nach dem besten Ergebnis unter Innehaltung der gleichen Arbeitsbedingungen (Temperatur) der ganze Film entwickelt wird, oder aber man verfolgt das Fortschreiten der Entwicklung, indem man den Rahmen etwa jede Minute für wenige Sekunden aus dem Troge hebt, wobei der erfahrene Photograph an dem Erscheinen der Bilder und dem Dichteunterschiede zwischen den Lichtern und den Schattenpartien erkennen kann, ob die Entwicklung normal verläuft, und wann er sie in Fällen von Unter- oder Überbelichtung abzubrechen hat. Kurze Kinofilme werden in ähnlicher Weise entwickelt, nur daß die Rahmen kleiner gehalten sind und man diese Filme statt in senkrechte Tröge in gleichgeformte entsprechend tiefe, aber doch flache, den Entwickler enthaltende Schalen senkt. Eine besondere Spannvorrichtung für Schalenentwicklung zeigt Abb. 3.

Abb. 3
Film-Spannvorrichtung für Schalenentwicklung.

Da die Filmoberfläche mitunter — von den Bürsten der Perforiermaschinen herrührend — Fettspuren enthält, die den Angriff des Entwicklers verzögern und auch Trockenfehler nach sich ziehen können, und um ferner das Ansetzen von Luftblasen zu verhindern, weicht man die Filme meist zuerst einige Minuten in reinem Wasser ein, dem man vorteilhaft etwas Soda und vergällten Alkohol zusetzt, und erleichtert die Annahme des Entwicklers noch dadurch, daß man den Rahmen bei Beginn des Entwickelns leicht hebt und senkt, während man ihn gleichzeitig leicht seitlich bewegt, ohne daß der Film dabei über die Flüssigkeitsoberfläche herauskommt. Eine Reihe weiterer Maßnahmen, wie z. B. die rechtzeitige Auffrischung erschöpften Entwicklers, gehören in das Gebiet der reinen photographischen Technik und dürfen daher hier übergangen werden.

Die Beleuchtung aller Räume, in denen die Filme vor und während ihrer Entwicklung gehandhabt werden, muß natürlich streng inaktinisch sein, d. h. sie darf keine auch nur leichte Verschleierung verursachen. Neben einer diffusen allgemeinen Beleuchtung durch Deckenlampen werden tragbare Handlampen verwendet. Beide Beleuchtungsarten werden einer einfachen praktischen Prüfung dadurch unterzogen, daß man sie eine gewisse Zeit auf einen Film in bestimmter Entfernung einwirken läßt und feststellt, ob sich der Film dann noch klar entwickeln läßt. Dies soll bei der Deckenbeleuchtung noch nach 10 min in 1,50 m Abstand der Fall sein, bei der Handlampe in ½ min bei nur einigen cm Entfernung. Um jedoch eine Beobachtung bei hellrotem Lichte zu ermöglichen und gleichzeitig den sogenannten Oxydationsschleier zu vermeiden, der leicht eintritt, wenn der Film bei wiederholtem Herausheben aus dem Trog mit der Luft in Berührung kommt, wendet man vielfach das Verfahren der Desensibilisierung an, wobei der Film vor der Entwicklung im Dunkeln 3 min in einem Farbstoffbade bestimmter Zusammensetzung behandelt wird oder durch Zusatz des desensibilisierenden Farbstoffes zum Entwickler. Beide Verfahren werden gleichzeitig angewandt, wenn man panchromatische Filme entwickelt.

Ohne daß ein Rahmenwechsel vorgenommen wird, gelangen die entwickelten Filme in einen Spültrog, der sich unmittelbar neben dem Entwicklungstrog befindet, darauf in die etwas abseits gelegenen, vielfach aus Zement bestehenden Fixiertröge, schließlich in die Wässerungströge. Zwischen allen Trögen muß die Handhabung der Rahmen leicht vor sich gehen können.

Ein eigenartiges Verfahren, das neben der Rahmenentwicklung in neuerer Zeit weite Verbreitung gefunden hat, ist das der Flachrollenentwicklung nach dem „Correx"-Entwicklungssystem der Correx-Ges. für Kinotechnik m. b. H., Berlin. Hiernach wird ein Zelluloidstreifen in Filmbreite, in dessen Ränder warzenartige Erhebungen eingepreßt sind, gleichzeitig mit dem zu entwickelnden Film spiralförmig eingerollt, so daß sich eine flüssigkeits- und luftdurchlässige Rolle bildet, da das Einlegeband den Film nur punktweise faßt und an der Emulsionsseite einen freien Raum läßt, Abb. 4 und 5. Der Film wird also in die für seine Behandlung denkbar kleinste Form gebracht, so daß die runden emaillierten oder vernickelten Gefäße, in die die Correxrolle eingesetzt wird, für z 60 m Film nur 10 l Entwickler zu enthalten braucl Auch auf das Trocknen der Filme wird das Verfah ausgedehnt. Zu diesem Zwecke wird der Film n seiner Behandlung mitsamt der Correxrolle in ein tallgefäß eingesetzt und elektrisch erwärmte Luft du die Windungen der Rolle geblasen. Für Kopieransta mit geringerer Leistung ist das Verfahren wohl das Zeit beste, daneben bietet es aber auch dem Liebhal photographen bei Benutzung der kleinsten Ausführun dieser Apparaturen für 2, 5, 10 und 15 m die denk bequemste Entwicklungsmöglichkeit für seine Filme.

Da sich die Heim-Kinematographie einer immer wa senden Beliebtheit erfreut, sei erwähnt, daß hierfür meist verwendete 16 mm Schmalfilm in glei Weise entweder auf Rahmen oder nach Einrollen in feste Spiralführung aus Monelmetall und Einsetzen Rolle in einen Behälter entwickelt und weiterbehan wird, nur daß die hierzu dienenden Hilfsmittel klei Abmessungen aufweisen.

Wässern der Filme

Ist der Film entwickelt und fixiert, so folgt in ei gesonderten Arbeitsgang und räumlich getrennt die I fernung des in der Bildschicht noch enthaltenen Fix salzes.

Das hierfür meist angewandte Verfahren bes darin, daß man die noch auf den Entwicklungsrahmen findlichen Filme in Bütten aus Hartholz oder auch menttröge einsetzt, in denen ein Strom von lang fließendem Wasser die Filme fortdauernd umspült. die Erneuerung des Wassers um so schneller vor geht, je kleiner diese Bütten sind, so wäscht man be in mehreren kleinen als in einer größeren. Vorteil bedient man sich dabei des Gegenstromprinzipes, w das Wasser nacheinander mehrere Wannen durchl und sich dabei allmählich mit Fixiernatron anreich während die Filme zuerst in das bereits mit Salz gereicherte Wasser gebracht werden, um nach und n in Wannen mit immer reinerem Wasser zu gelangen. A auch in stehendem Wasser kann gewaschen werden, w es von Zeit zu Zeit erneuert wird.

Ein andres für größere Betriebe geeignetes V fahren geht darauf aus, große Filmmengen in tunli kurzer Zeit zu waschen. Man setzt die auf ihren Rah

RZ1399Z4
Abb. 4
Wickelschema beim Correxverfahren.

RZ1399Z5
Abb. 5
Zusammenwickeln eines Kinofilmes mit dem Correx-Einlegeband.

an Lattengestellen hängenden Filme zu diesem Zweck einem feinen Sprühregen aus, indem man das Wasser aus mit Düsen besetzten, in verschiedenen Höhen angebrachten Rohrleitungen austreten und in leichtem Strahl auf die Filme einwirken läßt. Das von den Filmen ablaufende Wasser wird in Rinnen aufgefangen und abgeleitet. Auf diese Weise kann das Waschen in ½ h durchgeführt werden.

Von erheblicher Bedeutung ist die Beschaffenheit des Wassers, da sich alle in ihm gelösten Salze, z. B. Kalksalze oder schwebende Verunreinigungen beim folgenden Trocknen auf der Filmschicht absetzen und dann zu recht störenden Fehlern Veranlassung geben können. Erforderlichenfalls wird das Wasser daher durch Filtern oder auf chemischem Wege sorgfältig gereinigt. Auch die Temperatur des Wassers muß so sein, daß die Filmschicht nicht erweicht; sie soll 20° nicht überschreiten. Da Leitungswasser im Sommer meist wärmer ist, bevorzugen photochemische Betriebe größeren Umfanges aus diesem Grunde Brunnenwasser und unterwerfen die Filme meist einer Nachhärtung durch ein Formalin- oder Chromalaunbad, sofern nicht bereits ein Härte-Fixierbad angewandt wurde.

Erscheint das Waschen beendet, so wird geprüft, ob das Fixiersalz auch vollständig aus der Schicht entfernt ist, da die Haltbarkeit der Filme andernfalls gefährdet sein würde.

Trocknen der Filme

Nach beendetem Waschen ist sowohl das dem Film noch anhaftende wie auch das in seiner Schicht enthaltene Wasser zu entfernen. So einfach die Durchführung des Trocknens erscheint, ist doch auch diesem Vorgang die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden, da er ebenfalls eine Quelle sehr unangenehmer Fehler sein kann. Nicht allein, daß ein zu langsames Verdunsten von Tropfen oder solcher Stellen, zu denen die Luft nur ungenügenden Zugang findet, zu Flecken- und Zonenbildung und auch unterschiedlicher Dichte Veranlassung gibt, ist vor allem jedes Staubabsetzen auf den Bildschichten zu verhindern, das, wie eingangs schon erwähnt, die Bildwiedergabe mehr oder minder verschlechtert.

Man kann den Film trocknen, wenn er sich noch auf dem Rahmen befindet, und läßt dazu im Großbetriebe die hintereinander in eine Fördervorrichtung eingehängten Rahmen einen mit warmer Luft beschickten Kanal durchstreichen, wobei man durch Lockerung der Querstege der Rahmen nur dafür zu sorgen hat, daß sich der Film zusammenziehen kann.

Vielfach verfährt man aber auch so, daß man die aus dem Waschraum einzeln durch Fördervorrichtungen herangebrachten Filme zunächst von den Rahmen abnimmt und um Holzzylinder mit Querstegen wickelt, die sorgfältig poliert sind, so daß keine Beschädigung der Filmrückseite eintreten kann. Mit Rücksicht auf das leichte Zusammenziehen des Filmes beim Trocknen sind entweder einzelne oder sämtliche Querstege federnd eingerichtet. Mit ihrer Achse ruhen die Trommeln, Abb. 6[2]), auf einem kräftigen Gestell, und um die Staubgefahr zu vermindern, werden sie nicht unmittelbar, sondern über eine Transmission angetrieben. Ihr Durchmesser wird sehr verschieden gehalten, bewegt sich aber vorteilhaft in den Grenzen von 2,50 bis 3 m, und erlaubt, bei 2 m Länge dann etwa 400 bis 500 m Film aufzuwickeln. Der großen Aufnahmefähigkeit dieser Trommeln steht allerdings der Zeitaufwand nachteilig gegenüber, den ihre jedesmalige Beschickung erfordert, die mit Hilfe besonderer Abspulböcke geschieht. Um dem Film anhaftendes Wasser und Schmutz zu entfernen, läßt man ihn während dieses Überleitens auf die Trockentrommel unter leichtem Druck durch gut mit Wasser getränkte Baumwolle (Watte) oder auch feuchtes Gemsleder gleiten. Nach einem andern Verfahren läßt man Druckluft auf die Bildseite einwirken, wodurch ebenfalls überschüssiges Wasser beseitigt wird, ohne daß die Gefahr eines Verschrammens besteht.

[2]) Abb. 6 wurde von J. I. Crabtee, Rochester, N.-Y., freundlichst zur Verfügung gestellt.

Abb. 6
Trockentrommel für Kinofilme.

Temperatur und Feuchtigkeit der Trockenluft werden natürlich so gehalten, daß das Trocknen während der langsam gleichförmigen Umdrehung der Trommel (2 U/s) in jeder Weise gefördert wird. Während es eine Zeit gab, in der die Fabrikanten vom Wetter abhängig waren und ihre Filme z. B. an Regentagen nicht trocknen konnten, verfügen die heutigen Betriebe dieser Art über alle Hilfsmittel einer ständigen zwangläufigen Zuführung sorgfältig filtrierter bestgeeigneter Trockenluft, so daß Tausende von Metern Film ohne Schwierigkeiten auf mehreren Trockentrommeln zu gleicher Zeit getrocknet werden können. Die richtige Trockentemperatur liegt bei rd. 20° und ihre obere Grenze bei 27°, wenn anders man nicht Gefahr laufen will, daß sich der Film nach der Bildnisseite zu krümmt oder die Bildschicht gar von ihrer Unterlage loslöst. Der Wassergehalt der Luft ist dabei mit 50 bis 60 vH am günstigsten; wäre er höher, so würde der Trockenvorgang unnötig verlangsamt und darunter die Trocknung so scharf sein, daß sich der Film verzieht oder gar brüchig wird. Schließlich kann man dem Film vor dem Aufrollen dadurch eine bestimmte Feuchtigkeit verleihen, daß man ihn durch eine Konditionierkammer laufen läßt.

Auf die Fertigstellung der Negative folgt die Anfertigung der Positivfilme durch Drucken in besonderen Belichtungsvorrichtungen und die anschließende photographische Weiterbehandlung.

Kopieren der Negativfilme

Grundsätzlich bestehen die hierfür gebräuchlichsten Belichtungsmaschinen darin, daß der die Bilder tragende Negativfilm und der unbelichtete Positivfilm, die beide auf Spulen neben- oder hintereinander angeordnet sein können, zunächst über Führungsmittel einander zugeführt und mit ihren Schichtseiten in engen Kontakt gebracht werden. Unter Anwendung von Greifern werden beide Filme darauf an dem Mattglasfenster eines die Lichtquelle enthaltenden, mit lichtsicherer Lüftung versehenen Kastens derart vorbeigeführt, daß bei jedesmal feststehendem Bild die Öffnung eines Umlaufverschlusses freigegeben ist, während im nächsten Augenblick beide Filme bei gleichzeitig geschlossenem Verschluß weiterwandern, bis sich das nächste Bild an der für die Belichtung richtigen Stelle befindet.

Da sich der Negativfilm bei seiner Fertigstellung bemerkbar zusammenzieht und daher kürzer als der Positivfilm ist, anderseits ein vollkommen scharfes Positiv nur dann erhalten werden kann, wenn der Positivfilm in engsten Kontakt mit dem Negativfilm gebracht wird, muß die Konstruktion der Maschine dies berücksichtigen. Meist geschieht dieser Ausgleich dadurch, daß die Filme über eine erhabene Fläche gleiten, deren Halbmesser so groß ist, daß die Filmlöcher dann genau übereinanderliegen, wenn der längere Positivfilm außenseitig zu liegen

Abb. 7
Halbselbsttätig arbeitende Kopiermaschine der Bell & Howell Company, Chikago.

Abb. 8
Ganzselbständig arbeitende Kopiermaschine der Geyer-Werke A.-G., Berlin.

kommt. Außerdem wird ein gutes Zusammenliegen der Filme durch Anwendung gleichmäßig wirkender Druckluft gesichert.

Eine Hauptschwierigkeit beim Kopieren der Filmnegative liegt ferner darin, daß diese in weitem Maße verschiedene Dichten haben, und daß daher jeder einzelne dieser Teile beim Kopieren eine andre Belichtungszeit verlangt. Man bestimmt deshalb die Dichte jedes eine neue Szene tragenden Filmabschnittes durch eine Vorprobe, indem man Probestreifen bei verschiedenen Belichtungszeiten entwickelt und nach dem besterhaltenen Ergebnis die entsprechende Belichtungszeit festlegt, oder auch durch Vergleich der Negative mit einem Satz von Filmnegativen, für die die richtige Belichtungszeit bekannt ist. In jedem Falle wird die erhaltene Dichte sowohl auf dem umrollenden Negativ wie auf einer Karte vermerkt, so daß ihr die Lichtstärke oder die Umlaufgeschwindigkeit der Maschine entweder durch besondere Einstellung oder selbsttätig angepaßt werden kann. Diese Schaltung geschieht in sehr einfacher Weise dadurch, daß im Negativfilm an allen Stellen wechselnder Belichtungszeiten Randausschnitte vorgenommen werden, bei deren Durchlauf durch die Maschine ein Stromkreis geschlossen wird. Halbselbsttätig arbeitende Maschinen werden hierbei stillgesetzt, so daß die neue Lichteinstellung mit der Hand vorgenommen werden muß, wie z. B. bei der Ausführung „D" der Bell & Howell Company, Chikago, Abb. 7, bei der jede Veränderung eines mit Handgriff versehenen Stellhebels um eine der auf einer Scheibenteilung angegebenen Nummern einer Lichtzunahme von 10 vH gegenüber der vorhergehenden entspricht. Demgegenüber tritt bei ganz selbsttätigen Maschinen eine besondere Lichtschaltung in Tätigkeit. Bei der Filmkopiermaschine der Geyer-Werke, A.-G., Berlin, wird dieser Schalter z. B. durch eine aus Karton gestanzte Schaltschablone, Abb. 8, ausgelöst, die bei jeder Schaltung um ein Stanzloch weiterbewegt wird. Da der Kartonstreifen von beliebiger Länge sein kann, ermöglicht diese Ausführung eine unbegrenzte Zahl von Schaltungen. Während die Veränderung der Stärke der Lichtquelle vielfach mit Hilfe eines Widerstandes erfolgt, arbeitet die genannte amerikanische Maschine mit stets gleichbleibender Beleuchtung durch eine 100 W-Metallfadenlampe mit Reflektor, aber mit veränderlicher Blendenöffnung, wodurch sie über einen erheblich größeren Spielraum im Belichtungswechsel verfügt.

Ein bei allen besseren Kopiermaschinen vorgesehener Meterzähler dient zur Nachprüfung der auf der oben erwähnten Karte vermerkten Teillängen des Filmes und vervollständigt die Kopiereinrichtung.

Die Leistung der Maschine von Bell & Howell ist ganz bedeutend; sie beläuft sich bei halbselbsttätigem Betrieb auf rd. 1200 m/h, bei der ganzselbsttätigen Bauart „E" der gleichen Firma, bei deren Lauf Unterbrechungen nur durch Einsetzen frischer Filme eintreten, sogar auf 1330 m/h. Der dadurch bedingte äußerst rasche Lichtwechsel erfolgt in diesem Fall durch Schlüssel mit verschiedenen Bärten, die in ein Rad eingesetzt werden und beim Durchlauf einer Kerbstelle des Negativfilmes mit Hilfe eines magnetischen Getriebes die Verschlußöffnung einstellen. Zum Antrieb genügt ⅛ PS, zur Bedienung von vier derartigen Maschinen eine Arbeitskraft.

Daß auch optische Kopiermaschinen in Gebrauch sind, bei denen ein zwischen dem Negativ- und Positivfilm eingeschaltetes Objektiv das negative Bild auf den Positivfilm projiziert, der mit dem Filmnegativ synchron fortgeschaltet wird, sei nur erwähnt. Ihre Anwendungsmöglichkeiten sind mannigfaltig. So dienen zum Verkleinern von Normalfilmaufnahmen auf ein Schmalfilmformat, zu Änderungen des Bildausschnittes, zur Erzeugung nachträglicher Unschärfe, zu Trickaufnahmen u. dergl. mehr.

Entwickeln der Positivfilme

Positivfilme entwickelt man in gleicher Weise wie die Negativfilme, also auf Rahmen in Längen von je 60 m, indem man sie nacheinander in die die verschiedenen Bäder enthaltenden Tröge einsetzt, oft auf Trommeln, und endlich in Großbetrieben auf maschinellem Wege.

Entwickeln auf Trommeln. Bei diesem Verfahren, das früher in England und Deutschland vorherrschend war, wird der Film spiralförmig um in offenen Lagern ruhende Trommeln aus Holz oder auch Eisenblech von ähnlicher Ausführung und nur kleineren Abmessungen (für 100 m Film: 80 cm Dmr. und 3 m Länge) gewickelt, wie sie bereits beschrieben wurden. Besteht die Trommel aus Stahl, so wird sie mit Emaillelack über-

Abb. 9. Entwickeltrommel für Kinofilme mit Motorantrieb und selbsttätiger Windevorrichtung.

Abb. 11. Entwickelmaschine für Kinofilme der Geyer-Werke, A.-G., Berlin.

...en, der eingebrannt wird, so daß sie gegen chemische ...wirkungen äußerst widerstandsfähig, gleichzeitig auch ...nt zu reinigen ist. Unterhalb der Trommel ist ein den ...twickler enthaltender Trog aus Monelmetall oder ver...tem Eisenblech, dessen Form der Rundung der ...mmel angepaßt ist, so angeordnet, daß der Film in ...Flüssigkeit eintaucht, während die Trommel gleich...äßig langsam mit der Hand oder durch Motor um ihre ...se gedreht wird, Abb. 9[3]). Da die Trommel leicht ...ihren Lagern herausgehoben und in benachbarte über ...eeren Trögen angeordnete Lager eingesetzt werden ...an, so wird hierdurch ermöglicht, den Entwickler ...n geeigneten Augenblick durch ein Wässerungsbad, ...erbad usw. zu ersetzen, ohne daß der Film von der ...mmel abgenommen zu werden braucht. Neben diesem ...eil ist der Verbrauch an Entwickler verhältnismäßig ...ngering, so daß sich dieses Verfahren besonders für sol...e Betriebe vorteilhaft erweist, die unregelmäßig arbeiten.

Neben der sorgsamen mechanischen Durchführung ...u. natürlich die Beachtung bekannter photographischer ...egln einhergehen. So läßt man den Film z. B. in einem ...bad von reinem Wasser anquellen, damit er den Ent...ickler gleichmäßig annimmt. Die Temperaturen der ...d und des Raumes sollen um nicht mehr als etwa 5 ° ...einander abweichen. Um einen infolge der ständigen ...rührung des Filmes mit der Luft leicht auftretenden ...xydationsschleier zu verhindern, wendet man zweck...äßig das Verfahren der Desensibilisierung an, wodurch ...leichzeitig die Beurteilung der fortschreitenden Entwick...ung erleichtert wird.

Ist der Film in den verschiedenen Trögen entwickelt ...nd fixiert, so gelangt die Trommel in einen anschließen...en, durch Tageslicht oder künstliches weißes Licht erhellten Waschraum, wo der Film durch einen Satz von Spritzrohren gründlich bespült wird, so daß das Auswässern des Fixiersalzes nach etwa 20 min als beendet angesehen werden kann, worauf durch Drehen der Trommel bei gleichzeitiger Zuführung gut filtrierter Frischluft getrocknet wird. Soll der Film noch in irgendeiner Weise nachbehandelt werden, etwa um Fehlbelichtungen auszugleichen oder um ihn zu färben, so geschieht dies gleichfalls dadurch, daß man die Trommel durch Tröge mit den entsprechenden Flüssigkeiten (Verstärker, Abschwächer, Farblösungen) laufen läßt, die anwärmbar eingerichtet sind, damit man die Wirkung einzelner Bäder nach Bedarf erhöhen kann. Je nach dem Umfange des Betriebes wird die Zahl der erforderlichen Trommeln und Tröge verschieden sein, doch ergibt sich aus der schnellen Fertigentwicklung von etwa 100 m Film in 15 min, daß schon eine einfache Anlage dieser Art sehr leistungsfähig sein kann.

[3]) Abb. 9 wurde von J. I. Crabtee, Rochester, N. Y., freund...ch zur Verfügung gestellt.

Abb. 10
...hematische Darstellung einer Entwickelmaschine für Kinofilme (nach Dipl.-Ing. W. Illge, Berlin).

a Abrollscheibe	*h* Spülbad
b Film	*i* Wässerung
c Bremse	*k* Verschiedenartige Nachbehandlung
d Zwischenwand	*l* Trockenluft
e Entwicklungsbad	*m* Vortrocknung
f Zwischenwässerung	*n* Fertigtrocknung
g Fixierbad	*o* Aufwicklung

E n t w i c k e l n   m i t   M a s c h i n e n. Dieses Verfahren setzt, wie schon bemerkt wurde, einen an sich von vornherein ziemlich gleichmäßig belichteten Film voraus, so daß sich seine Anwendung, von Ausnahmen abgesehen, im allgemeinen auf die Entwicklung von Positivfilmen beschränkt, bei denen dieser Ausgleich beim Kopieren vorgenommen wurde. Natürlich muß aber auch die Entwicklung dieser Filme so gleichmäßig wie möglich durchgeführt werden, und da dies erfahrungsgemäß am besten geschieht, wenn die einmal festgelegte Maschinengeschwindigkeit unverändert beibehalten und die Dauer der Entwicklung innerhalb der erwünschten Grenzen auf andre Weise geregelt wird, werden die auf solcher Grundlage beruhenden Maschinenarten vielfach bevorzugt.

Bei der Entwickelmaschine der Geyer-Werke A.-G., Berlin, Abb. 10[4]) und 11, gleitet in der rot erleuchteten Dunkelkammer der aus der Kassette genommene Film nach dem Durchlaufen eines Bremswalzenpaares zunächst in den Entwicklungstrog, darauf in ein sich anschließendes Unterbrechungsbad, in den Fixiertrog und ein Spülbad; bei weißem Licht folgt ein Wässertrog und eine Reihe kleinerer Tröge, die je nach Bedarf zum Färben, Verstärken, Abschwächen oder Härten der Schicht verwendet werden können. Die Tröge bestehen aus Steingut und werden von dem Film in Schleifen durchlaufen; ihr Inhalt wird selbsttätig, der abgelaufenen Filmmenge entsprechend, aus Vorratgefäßen ersetzt. Den Abschluß bildet ein von Warmluft durchströmter Trockenschrank. Der fertige Film wird dann aufgerollt. Geführt wird er durch Zahntrommeln und Leitrollen auf Querstäben, von denen einzelne in senkrechter Richtung verstellbar eingerichtet sind, um eine Veränderung der Schleifenlänge und damit in gewissen Grenzen auch eine Verlängerung oder Verkürzung der Entwicklungszeit zu ermöglichen, soweit sie nicht bereits durch die Laufgeschwindigkeit der Maschine bestimmt ist. Die Arbeitsleistung dieser von einem kleinen Motor angetriebenen Maschine wird von ihrer Herstellerin auf 3500 m in 8 h beziffert oder auf 7000 m bei einer üblicherweise für zwei Filmbänder eingerichteten Anlage, womit eine bemerkenswerte Ersparnis an Arbeitskräften gegenüber dem Entwickeln mit der Hand verbunden ist.

[4]) Abb. 10 wurde von Dipl.-Ing. Illge, Berlin, freundlichst zur Verfügung gestellt.

Abb. 12
Entwickelmaschine „D S G M“ für Kinofilme von André Debrie, Paris.

Abb. 13
Führungsrolle mit Stiften.

Abb. 14
Untere Führungsrolle.

In ihrer Gesamtanlage ähnlich und von gleicher Leistungsfähigkeit, in vielen Einzelheiten jedoch abweichend, ist die Film-Entwicklungsmaschine „DSGM“ der Firma André Debrie, Paris, Abb. 12. Sie besteht aus vier Hauptteilen (1. Entwicklungs- und Fixierteil, 2. Antrieb und Einschaltung, 3. Wässerungs-, Tonungs- und Färbeteil, 4. Trockenschrank), deren jeder für sich ein Ganzes bildet, so daß die Maschine leicht versandt und aufgestellt werden kann. Sie ist fast ganz aus Metall gebaut, nur für die Tröge wurde Ebonit gewählt, ebenso für die zur Fortführung des Filmbandes dienenden, mit Nickelzähnen besetzten Rollen. Ihre Gesamtlänge beträgt 6,75 m, von denen sich 2,75 m in dem Dunkelraum befinden, ihre Breite 0,6 m und ihre Höhe 2,7 m. Der in dem weiß erleuchteten Raum befindliche Maschinenteil hat auf jeder Seite 22 Ebonitgefäße für die Nachbehandlung, deren jedes ein vernickeltes Gestänge enthält, an dem sich die Führungsorgane befinden, Abb. 13 u. 14. Der Lauf des Filmes beim Auslassen eines Arbeitsganges ist aus Abb. 15 ersichtlich. Die Entwicklungsdauer kann zwischen 2 und 6 min genau eingestellt werden. Durch eine mit einem Vorratgefäß in Verbindung stehende Pumpe wird die Entwicklerflüssigkeit in Umlauf gehalten und gleichzeitig durch eine eingebaute Schlange nach Bedarf erwärmt oder abgekühlt. Nach Entfernung anhaftender Wassertropfen durch Abwischen oder Absaugen läuft der Film in den 1,60 m langen Trockenschrank, der 200 m Film faßt und von filtrierter, leicht erwärmter Luft durchströmt wird. Das Ende der von der Mitte aus durch einen Kettentransport angetriebenen und von einem Bedienungssteg umzogenen Maschine bildet eine selbsttätige Aufrollung.

Nach dem Vorbilde französischer Entwicklungsanlagen sind auch bei einer amerikanischen, ebenfalls doppelseitig und in ihrem ersten Abschnitt in rot erleuchtetem Raum arbeitenden Maschine die Tröge durch zahlreiche Einzelrohre ersetzt, deren jedes mit 10 m/min von einer durch Glasröllchen beschwerten Filmschleife in 30 s durchlaufen wird. Der Vorteil der aus dickem Pyrexglas[1]) bestehenden Ro soll in leichter Reinigung in der jederzeit möglic Nachprüfung ihres Inha liegen. Je nach der Zahl in Benutzung genomme Rohre kann die Entwicklun zeit bei der angegebenen schwindigkeit bis auf 6 m bei halber Geschwindigl bis auf 12 min ausgede werden; gleichzeitig wird Entwicklung erforderlich falls durch Veränderung Schleifenlänge des Filmban beeinflußt. Die Entwick flüssigkeit wird den Röh aus einem Vorratgefäß zu führt, durch eine Pumpe steter Bewegung und du einen Thermostaten auf der gewünschten Arbeitstempera erhalten; außerdem hat man einen selbsttätigen Zulauf frischen Entwickler in einer den übrigen Arbeitsbeding gen anpaßbaren Menge vorgesehen, um die durch V dunstung und Erschöpfung eintretenden Verluste aus gleichen.

In gleicher Weise wie das Entwickeln erfolgt F i x i e r e n durch sechs, das Wässern durch 24 Röh und ähnlich gegebenenfalls auch eine Nachbehandlung. dem guten Wasserwechsel, den diese Röhren ermöglich soll das Fixiersalz bereits nach 10 min aus der Fi schicht entfernt sein.

Die der Filmoberfläche anhaftende Feuchtigkeit die Tropfen werden durch Blasen von Luft gegen be Seiten beseitigt. Der Film wird dann für eine Zeitspa bis zu 5 min in einer gewöhnlich nur zu drei Vierteln füllten Hängekammer gelassen. So hat man genüg Zeit für Veränderungen in der Laufgeschwindigkeit Maschine, für ihr Anlaufen und Anhalten bei Zwisch fällen oder bei Überfüllung der Trockeneinrichtung. D durchläuft der Film die in drei Einzelzellen geteilte Tr kenkammer in etwa 28 min. In der richtigen Erkennt daß die Trockenbedingungen einen außerordentlich gro Einfluß auf die Lebensdauer der Filme haben und ein zu scharf ausgetrockneter Film sich diesbezüg äußerst ungünstig verhält, ist bei dieser Maschine bes derer Wert darauf gelegt, nur mit Luft von genau kannter Temperatur und Feuchtigkeit zu trocknen, deshalb eine besondere Anlage vorgesehen, in der die L gewaschen, erwärmt und angemessen befeuchtet w außerdem wird der Film während des Trocknens f dauernd in schlängelnder Weise bewegt.

Färben und Tonen der Filme

Auf zweierlei Weise kann das schwarz-weiße K Positiv in ein farbiges umgewandelt werden. Entwe wird der Bildträger, die Gelatine oder das Zelluloid, gefärbt, so daß man also ein schwarzes Silberbild

[1]) Ein dem Jenenser ähnliches Hartglas der Corning Glass W Corning, N. Y.

Abb. 15
Lauf des Filmes beim Auslassen eines Arbeitsgang

farbigem Grund erhält, oder aber man führt das Silberbild auf chemischem Wege — ähnlich den bekannten Tonungsverfahren der Entwicklungspapiere — in eine farbige Verbindung über, die sich dann von weißem Grund abhebt. Erfordert auch keines dieser Verfahren bemerkenswerte Hilfsmittel anderer Art als die beschriebenen Rahmen oder Trommeln, so sei doch erwähnt, daß die Gelatineschicht in kalten Lösungen bestimmter Anilinfarbstoffe je nach der gewünschten Stärke in etwa 2 bis 6 min gefärbt wird, worauf man nur kurz wässert und dann trocknet.

Bereits im Zelluloid gefärbte lichtempfindliche Filme werden in den beliebtesten Farben von den Filmfabriken selbst hergestellt. Um umfangreiche Lagerbestände in solcher verschiedenfarbigen Filmen zu vermeiden, kann man jedoch auch, wie es die I. G. Farbenindustrie, die größte Filmfabrik Europas, empfiehlt, die fertigen Filme rückseitig in einfacher Weise mit einem Farblack überziehen, wozu man nur die haltbaren Lösungen der Grundfarben und eine Verdünnungsflüssigkeit braucht, die gleichzeitig Quellungsmittel für das Zelluloid ist, so daß der Farbstoff eindringen kann, aber im Gegensatz zu den in der Gelatine gefärbten Filmen weder durch Putzen noch durch Wässern daraus wieder entfernbar ist. Der Film wird in sehr gleichmäßiger Weise dadurch gefärbt, daß er an einer Walze vorbeigeführt wird, deren Oberfläche sich in der in einem Trog befindlichen Farbstofflösung dreht, und da die Lösungsmittel des Farblackes leicht flüchtig sind, trocknet der Film schnell aus und kann, nachdem er nur wenige Meter durch einen warmen Luftstrom geführt wurde, bereits wieder aufgewickelt werden. Je nach den Trocknungsbedingungen können mit einem Färbeapparat täglich 2000 bis 3000 m Film gefärbt werden, und, da ein einzelner Mann leicht eine größere Anzahl derartiger Färbmaschinen bedienen kann, sind die Kosten des Verfahrens nur gering.

Zur chemischen Umwandlung des Silberbildes in ein farbiges Bild dienen Eisenverbindungen; für eine Brauntonung verwendet man Urannitrat und für Röteltonung Kupfersalze. Auch die bekannte Schwefeltonung nach dem Ein- oder Zweibadverfahren wird auf Kinofilme übertragen und schließlich das Beizverfahren, nach dem das Silberbild zunächst in ein gelblich-weißes, aus Jodsilber bestehendes Bild übergeführt wird, das seinerseits befähigt ist, gewisse Farbstoffe festzuhalten.

Kolorieren der Filme

Für manche, besonders wissenschaftliche Filme ist die Wiedergabe der Farbe der aufgenommenen Gegenstände von außerordentlicher Bedeutung. Man verfährt hierbei genau wie beim Kolorieren von Diapositiven, verwendet Wasserfarben, feine weiche Pinsel, nötigenfalls eine Lupe, und muß vor allem über einiges Geschick und große Übung verfügen. Zum Kolorieren größerer Flächen wurden auch maschinelle Verfahren bekanntgegeben, bei denen aus Positivfilmen Schablonen ausgestanzt werden, die man zusammen mit dem zu kolorierenden Film durch Einfärbwalzen laufen läßt.

Auf die zum Teil sehr bemerkenswerten zahlreichen Verfahren der naturfarbigen Kinematographie hier einzugehen, würde den Rahmen unseres Themas weit überschreiten. Es sei daher auf das Schrifttum hierüber verwiesen, worin das Werk von E. J. Wall „The History of Three-Colour-Photography", Boston 1925, mit an erster Stelle steht.

Reinigen der Filmrückseite

Ein Film kann nur einwandfrei wiedergegeben werden, wenn er von äußerster Reinheit ist, eine Forderung, die durch eine richtige Nachbehandlung des an sich fertigen Filmes erfüllt wird. Da sich nämlich bei den nach dem Tankverfahren hergestellten Filmen, falls nicht jeder Wasserüberschuß sorgfältig entfernt wurde, die in fast jedem Wasser enthaltenen Salze auf der Filmoberfläche ausscheiden, werden hierdurch auf der Filmrückseite mehr oder weniger sichtbare Flecke erzeugt, während diese Salze auf der Bildseite in die Gelatineschicht hineindiffundieren und hier daher unsichtbar bleiben. Die Filmrückseite wird daher entweder schon während des Bespannens der Trockentrommel durch vorsichtiges und sorgfältiges Überwischen mit Sämisch-Leder, das mit verdünntem, etwas Ammoniak enthaltendem Alkohol befeuchtet ist, gereinigt, oder später mittels besonderer Maschinen behandelt. Aber auch beim Durchlaufen der Kopiermaschinen sammeln sich auf der Oberfläche des Negativfilms mehr oder weniger Staub, Schmutz und Fett an, die in häufigen Zwischenräumen in gleicher Weise durch Behandlung der Filme mit einer zweckdienlichen Flüssigkeit, z. B. mit reinem Tetrachlorkohlenstoff, beseitigt werden müssen. Auch hierzu bedient man sich maschineller Hilfsmittel, bei denen dafür gesorgt ist, daß der Film, um ihn vor mechanischen Beschädigungen zu bewahren, nur mit Seidenplüsch in Berührung kommt, der mit der Reinigungsflüssigkeit getränkt ist. Ähnliches gilt für den Positivfilm, auf dem sich Öl und Schmutz während seines oftmaligen Durchlaufens durch den Projektor festsetzt, wodurch schließlich Flecke hervorgerufen werden, die die Klarheit der Bilder bei der außerordentlich starken Vergrößerung beeinträchtigen.

Abb. 16
Filmreinigungs-Maschine der Bell & Howell Company, Chikago.

Ein Beispiel einer für die angegebenen Zwecke eigens gebauten Maschine, Abb. 16, ist die der schon genannten Firma Bell & Howell Company. Der Film wird einmal dadurch behandelt, daß er über eine Walze läuft, deren Stoffüberzug mit der Reinigungsflüssigkeit getränkt ist. Durch Druckwalzen wird der Feuchtigkeitsgrad des Stoffes geregelt und dieser rein gehalten; außerdem ist eine selbsttätig wirkende Pumpe vorgesehen, durch die die Flüssigkeit von einem mit Filter versehenen Vorratgefäß aus ständig in Umlauf gehalten wird. Neben dieser Einrichtung hat die Maschine zwei äußerst schnell umlaufende Schwabbeln, unter denen der Film hinweggleitet, während er durch ein mitlaufendes endloses Band getragen wird. Zum Antrieb dient ein ¾ PS leistender Motor. Die Leistung beläuft sich auf rd. 305 m in 8 min oder 2440 m in 1 h.

Eine Maschine, die ausschließlich zum Wiederbrauchbarmachen von Positivfilmen dient, also zur Beseitigung der während der oftmaligen Projektion entstandenen mechanischen Verletzungen wie Kratzer und Schrammen, aber auch von Schmutz und Öl, ist die der Dworsky Film Machine Corp, New York. Der Film läuft hier zunächst durch Tröge, die die Reinigungsflüssigkeit (Tetrachlorkohlenstoff) enthalten. Der erste Trog

Abb. 17
Film-Wachs- und Poliermaschine der Dworsky Film Machine Corp., New York.
a Abrollen, *b* Aufrollen des Filmes

dient lediglich zum Abwaschen, worauf der Film durch ein Quetschwalzenpaar und über einen Filz in einen zweiten Trog gelangt, so daß fast der gesamte Schmutz bereits im ersten Trog zurückbleibt. Erst nach dem Durchlaufen mehrerer Filmrollen wird die Flüssigkeit aus diesem Trog entfernt und durch die des zweiten Troges ersetzt, der seinerseits mit frischem Reinigungsmittel aufgefüllt wird. Von hier gelangt der Film zum Abpressen der Flüssigkeit wiederum durch ein Quetschwalzenpaar, darauf durch eine Reihe von mit Baumwollflanell bekleideten Rollen, schließlich durch ein einstellbares Gummiwalzenpaar, durch dessen Druck der Film durch die ganze Maschine gezogen wird, zum Aufroller. Eine derartige Nachbehandlung von 300 m Film dauert nur 4½ min. Angetrieben wird die ganz aus Aluminium gebaute Maschine von einem ¼ PS leistenden Motor.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang auch das Verfahren der Firma Recono, G. m. b. H., Berlin, nach dem man ein Aufquellen der Zelluloidseite des Filmes und Verschmelzen der auf seiner Oberfläche befindlic[h] Schrammen und mechanischen Verletzungen durch E[in]wirkung geeigneter Lösungsmittel erreicht.

Wachsen der Film-Schichtseite

Wie mikroskopische Untersuchungen der Schichts[eite] des Filmes zeigen, ist diese selbst an silberarmen Ste[llen] von unzähligen Erhebungen durchsetzt. In der Na[ch]barschaft des Silberbildes nimmt diese Rauheit beträ[cht]lich zu; besonders stark ist sie bei mit Eisen oder U[ran] getonten Filmen. Durchläuft der noch frische Film [den] Wiedergabeapparat, so werden diese Erhebungen [ab]geschliffen und das dabei abfallende, aus von Silber dur[ch]setzter Gelatine, Schmutz und Öl bestehende Mate[rial] hemmt naturgemäß seinen Lauf, beeinflußt besond[ers] nachteilig die Randlochung und setzt daher die Leb[ens]dauer des Filmes herab. Soll daher der Film seiner A[uf]gabe genügen und den Wiedergabeapparat, ohne zu [zer]reißen oder Störungen zu verursachen, bis zu 900- [bis] 1000mal durchlaufen, erfordert auch die Emulsionsschi[cht] eine entsprechende Nachbehandlung. Diese geschieht [in] der Weise, daß man entweder nur die die Lochung [ent]haltenden Ränder, oder aber, wie im Forschungslab[ora]torium der Eastman Kodak Company angestellte Un[ter]suchungen ergeben haben, besser die ganze Schichts[eite] mit einer dünnen Wachsschicht überzieht. An gleic[her] Stelle wurde auch eine sehr einfache Vorrichtung a[us]gearbeitet, mit deren Hilfe es gelingt, eine Filmrolle [von] 300 m Länge in 15 bis 30 min in vollkommenster Weise [zu] wachsen und zu polieren. Mit seiner Schichtseite [ab]wärts führt man den Film über eine hochpolierte A[lu]miniumwalze von etwa 60 mm Dmr., die in die in ei[n] Gefäß befindliche Wachslösung bestimmter Zusamm[en]setzung und Temperatur eintaucht, während der Üb[er]schuß der Lösung durch einen Abstreicher fortgenomm[en] wird, so daß auf dem Film nur eine äußerst dünne Schi[cht] von Wachs zurückbleibt. Die Reibung zwischen der A[lu]miniumwalze und dem Film genügt, um die Walze an[zu]treiben. Es folgt ein Polieren des Filmes in der üblic[hen] Weise durch schnell umlaufende, mit Filz besetzte Walz[en]. Eine Maschine, die diese Vorrichtungen in sich vere[int], wird ebenfalls von der schon genannten New-Yor[ker] Firma gebaut, Abb. 17.

Verschiedene Hilfsgeräte

Eine große Zahl meist einfacher Geräte dient schli[eß]lich dazu, die Zusammenstellung einzelner Filmabschni[tte] zu größeren Vorführungsrollen zu erleichtern. So fin[den] wir besondere Geräte zur Herstellung der Filmtitel, z[um] Wickeln und Umrollen der Filme, Meßtische und M[eß]uhren verschiedener Art, Klebevorrichtungen in einer [den] Bedürfnissen der Praxis angepaßten Form und andre G[e]räte, auf deren nähere Beschreibung hier verzichtet w[er]den kann. [B 1399]

Zweistoffgemische in der Dampftechnik

Nachtrag.

Am Schluß dieses Aufsatzes in Z. Bd. 72 (1928) S. 109 habe ich versucht, das $i\,\xi$-Diagramm für Kalilauge aus den bisher bekannten Versuchswerten zu berechnen, um wenigstens annähernd richtige Rechnungen durchführen zu können. Eine Nachprüfung dieses Berechnungsverfahrens ergibt, daß man bei der differentialen Ausdampfwärme bei unveränderlichem Druck auch die zur Temperaturerhöhung der Lösung längs der Siedelinie erforderliche Wärmemenge berücksichtigen muß. Zu der mit der Clapeyron-Clausiusschen Gleichung (7) berechneten und in Abb. 10 des Aufsatzes dargestellten Ausdampfwärme bei unveränderlicher Temperatur q_d ist noch die zur Erwärmung der Lösung dienende Wärme $q_l = c\,\xi\,\frac{d\,t}{d\,\xi}$ hinzuzufügen, worin c die spezifische Wärme der Lösung im Siedezustand, $\frac{d\,t}{d\,\xi}$ die Neigung der Siedelinien im $t\,\xi$-Diagramm, Abb. 9, ist.

In meinem Aufsatz ist also Abb. 12 nicht zahlenmäßig richtig; sie gibt aber den Charakter des $i\,\xi$-Diagramms zutreffend wieder. Das Zahlenbeispiel, Abb. 13, ergibt höhere Werte für Ausdampf- und Mischerwärme. Mit der Veröffentlichung eines neu berechneten Diagrammes will [ich] warten, bis die im Maschinenlaboratorium in Dresden [be]reits begonnenen Versuche über den Dampfdruck von K[ali]lauge abgeschlossen sind. F. Merke[l]

[N 1841]

Berichtigungen

Betriebserfahrungen mit Elektrokarren

In dem Aufsatz von Fr. Menking in Z. Nr. 30 v[om] 28. Juli muß es auf S. 1057 r. Sp. 2. Zeile statt $\frac{MP_x}{ME_x}$ rich[tig] heißen MP_x und 4. Zeile statt MP richtig $\frac{MP_x}{ME_x}$.

[N 1920]

Das Bensonverfahren zur Erzeugung höchstgespannten Dampfes

In dem Aufsatz von H. Gleichmann in Z. Nr. [30] vom 28. Juli sind die Buchstabenerklärungen zu Abb. [20] und 21 nicht richtig wiedergegeben worden. Bei Abb. [20] muß es heißen: *k* bis *b* Wärmezufuhr, *b* bis *a* Dampfdehnu[ng]; bei Abb. 21: *k* bis *d* Wärmezufuhr vom kritischen Pu[nkt] bis zum Eintritt in den H. D.-Teil der Turbine, *d* bis *c* er[ste] Dampfdehnung, *c* bis *b* Zwischenüberhitzung, *b* bis *a* zwe[ite] Dampfdehnung. [N 1921]

Richtlinien für die Beurteilung und Abnahme blanker (nicht umhüllter) Schweißdrähte

Von Ing. Julius Fuchs, Kapfenberg

Vorgetragen bei der gemeinsamen Tagung des deutschen und österreichischen Fachausschusses für Schweißtechnik in Wien, am 28. Februar 1928

Mitteilung aus der Schweißtechnischen Versuchsanstalt von Gebr. Böhler & Co.

Bisherige Schweißdrähte. — Bisher gehandhabte Abnahmebedingungen für Schweißdrähte. — Arbeitseigenschaften von Schweißdrähten. — Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Stabwerkstoffes auf den Lichtbogen. — Spezifischer elektrischer Leitungswiderstand von Schweißstäben. — Feststellung nichtmetallischer Einschlüsse. — Rotbrüchigkeit und Spritzverluste. — Vorschläge für Abnahme blanker Schweißdrähte. — Herstellung der Probestäbe. — Beurteilung von Schweißdrähten für Auftragschweißung.

Mit der Entwicklung der elektrischen Lichtbogen-Schmelzschweißung in den letzten Jahren ist der Bedarf an Zusatz- oder Füllstoffen (Elektroden) nicht nur in ständiger Zunahme begriffen, sondern es erhöhen sich fortlaufend die Forderungen, die an diese Werkstoffe gestellt werden.

Frühzeitig hat man schon erkannt, daß es sich bei der Lichtbogen-Schmelzschweißung um einen metallurgischen Vorgang handelt. In den Versuchsanstalten und Betrieben bemühte man sich daher, diesen Vorgang zu studieren und den Einfluß des Zusatzstoffes auf die Güte der Schweißung kennen zu lernen.

Noch vor wenigen Jahren ging man allgemein von dem Standpunkt aus, daß ein möglichst reines, kohlenstoffarmes Eisen in Drahtform für alle vorkommenden Bedarfsfälle genüge. Noch vor ganz kurzer Zeit wurde daher der deutsche Markt mit Draht aus sogenanntem schwedischem Holzkohleneisen überschwemmt. Der Draht erwies sich für gewöhnliche Blech-, Schmiedeisen- und Stahlgußschweißungen auch zufriedenstellend, sofern an die Schweißungen keine besonderen Anforderungen gestellt wurden. Sehr bald brachten jedoch die inländischen Eisen- und Drahtwerke Schweißdrähte unter allen möglichen Namen und Markenbezeichnungen in den Handel. — Es ist nicht zu leugnen, daß man auch auf diesem Gebiete Erfolge erreichte, doch ist bis vor kurzem jeder Fortschritt in der Entwicklung der Schweißdrähte durch mehr oder weniger planlose Versuche geglückt. Infolge natürlicher Verschiedenheit des Werkstoffes aus verschiedenen Erzeugungsstätten, der weiten Grenzen in der chemischen Zusammensetzung und demzufolge des verschiedenen Verhaltens beim Schweißen selbst konnten selten die Forderungen der Abnehmer erfüllt werden, vielfach führten diese Umstände auch zur unmittelbaren Verurteilung der Lichtbogen-Schmelzschweißung selbst.

Über den Wert oder Unwert der bald darauf auftauchenden umhüllten, ummantelten, umwickelten und getauchten Elektroden will ich nichts mitteilen, schon aus dem Grunde, weil sie in der Mehrzahl der Fälle wegen ihres hohen Preises aus wirtschaftlichen Gründen für Ausbesserarbeiten nicht in Betracht kommen.

Trotz aller Rückschläge entwickelte sich die Lichtbogen-Schmelzschweißung ungeheuer schnell in der Richtung, daß heute die Schweißmaschinen, die Schweißverfahren, sowie die Handgeschicklichkeit der Mehrzahl der Arbeiter als vollendet bezeichnet werden können, die Elektrode, als meines Erachtens der wichtigste Punkt für die Güte einer Schweißung in ihrer Entwicklung jedoch zurückgeblieben ist.

Daher haben die größten Verbraucher an Schweißdraht, die Eisenbahnbehörden, die Schiffswerften usw. Abnahmebedingungen geschaffen, deren restlose Erfüllung die Gewähr bietet, daß die zur Verarbeitung gelangenden Schweißdrähte auch tatsächlich den an sie gestellten Anforderungen entsprechen. Leider haben die Abnahmebedingungen ihren Zweck nur teilweise erfüllt, da man nur brauchbare von unbrauchbaren Schweißstäben unterscheiden kann. Ausgeführte Schweißungen kann man nur in sehr beschränkter Anzahl prüfen, die Untersuchungen sind kostspielig und zeitraubend, verschiedenen Zufälligkeiten unterworfen, weshalb sie auch nur in beschränktem Maße für die Klassifikation einer größeren Liefermenge von Schweißdraht dienen können. Auch mir ist es noch nicht gelungen, Abnahmebedingungen in streng umrissener Form aufzustellen.

Elektroden für Verbindungsschweißung

Ein Schweißstab muß in der Hauptsache folgende Arbeitseigenschaften haben:

1. Gleichmäßigkeit des Lichtbogens,
2. Entsprechende Schmelzgeschwindigkeit,
3. Große Einbrandtiefe,
4. Geringe Spritzverluste.

Jede der Eigenschaften kann dann noch unterteilt werden. So hat z. B. die Chicago Steel & Wire Co., die Herstellerin der Weldite-Schweißstäbe, d. h. ummantelter Schweißstäbe, vier Lichtbogenarten festgelegt:

1. Die labile Art, bei der der Lichtbogen als ein glühender Kern erst von einem, dann von einem andren Punkt ausgeht, gewöhnlich rings um den Hals des geschmolzenen Tropfens. Bei Entstehen eines solchen Lichtbogens wird es auch dem geschicktesten Schweißer nicht gelingen, gute Arbeit zu leisten.

2. Die stabile Art, bei der der Bogen von einem Punkt ausgeht, gewöhnlich vom untersten Punkte des geschmolzenen Tropfens. Mit diesem Lichtbogen wird nahezu jeder Schweißer befriedigende Arbeit leisten können.

3. Die gesättigte Art, bei der der Lichtbogen das ganze Ende der Elektrode gleichmäßig bedeckt. Mit einem solchen Lichtbogen kann gegenwärtig die beste Arbeit geleistet werden.

4. Die rohrähnliche Art, bei der der Bogen vom Äquator des Tropfens ausgeht, dem stabilen Bogen ähnlich, aber innen hohl ist. Diese Lichtbogenart bezeichnet die Chicago Steel & Wire Co. als wahrscheinlich die wertvollste Lichtbogenart; denn es scheint, als ob man nur mit dieser Lichtbogenart die Schmelzgeschwindigkeit steigern kann, ohne gleichzeitig die Stabilität des Lichtbogens zu vermindern.

Man kann wohl zweifellos ohne weiteres behaupten, daß die Ursache der Entstehung dieser verschiedenen Arten von Lichtbogen lediglich in der chemischen Zusammensetzung des Stabes und im Gesamtaufbau des Stabwerkstoffes zu suchen ist.

Chemische Zusammensetzung des Schweißstabes

Im allgemeinen verlangt man von einem Draht für Verbindungsschweißungen, daß er möglichst wenig Silizium, Schwefel und Phosphor enthält. Die Analysenvorschrift lautet im allgemeinen: C unter 0,1 vH, Si Spuren Mn 0,5 vH, S unter 0,03 vH und P unter 0,04 vH.

Nun hat sich aber auf Grund zahlloser Versuche unzweifelhaft gezeigt, daß man mit zwei Stäben derselben chemischen Zusammensetzung sehr verschiedene Schweißergebnisse erreichen kann. Während ein Stab sich mit dem Minus-Pol an der Elektrode unter Bildung eines stabilen Lichtbogens gut verschweißen läßt, gelingt dies mit einem zweiten Stab unter keinen Umständen. Mittels mechanischer Änderungen der Struktur durch Walzen, Kaltziehen u. dergl. kann man das Ergebnis nicht ändern.

Gesamtaufbau des Schweißwerkstoffes

Daher bestimmte ich den elektrischen Leitungswiderstand derartiger sich praktisch verschieden verhaltender Stäbe. Bei je 15 Stäben derselben Zusammensetzung, jedoch mit verschiedenem Verhalten beim Schweißen, hatten die gut zu verschweißenden Stäbe einen spezifischen Widerstand von 0,123 bis 0,128 Ω/mm^2, m, die schlecht oder gar nicht verschweißbaren Stäbe einen solchen von 0,129 bis 0,133 Ω/mm^2, m. Dieser Unterschied äußerte

sich aber auch im gewissen Sinne bei der Verschweißung selbst. Die Stäbe mit niedrigerem spezifischem Widerstand erforderten eine Schweißspannung von 16 bis 18 V, die schlecht oder gar nicht verschweißbaren Stäbe eine Schweißspannung von über 20 bis 28 V unter sonst ganz gleichen Verhältnissen. Ich stellte nun fest, daß das Gefüge von Einfluß auf das Verhalten der Stäbe ist. Bei verschiedenen Stäben derselben chemischen Zusammensetzung, desselben mechanischen Gefüges, jedoch mit verschiedenem Verhalten bei der Verschweißung konnte ich sehr große Unterschiede in dem Anteil von nicht metallischen Einschlüssen feststellen.

Auf dem Projektionsschirm, Abb. 1 und 2, grenzt man mittels des Mikrometers einen bestimmten Streifen des Schliffes ab. Man hat also bei 1000facher Vergrößerung einen Streifen von 0,3 mm des Schliffes auf dem Projektionsschirm in einer Breite von 300 mm, eingeteilt in $^1/_{100}$ mm², Abb. 3. Mittels Millimeterpapieres kann man nun die 1000fach vergrößerten nichtmetallischen Einschlüsse aufzeichnen und berechnen, Abb. 4.

Hunderte solcher Bestimmungen in Längs- und Querschliffen ergeben ein ziemlich sicheres Bild über den Durchschnittsgehalt an nichtmetallischen Einschlüssen.

Abb. 1
Gewöhnliches Mikroskop, an dessen Aufnahmegerät ein Projektionsschirm angeschlossen ist.

In Zahlentafel 1 sind die Zusammensetzungen von vier verschiedenen Drähten zusammengestellt; sie zeigen nur geringe Abweichungen; der Anteil an nichtmetallischen Einschlüssen ist jedoch sehr verschieden. Während sich die Drähte 1 und 2 mit Minuspol an der Elektrode gar nicht, der Draht 5 unbefriedigend verschweißen ließ, zeigte der Draht 6 mit einem Vielfachen nichtmetallischer Einschlüsse durchaus befriedigendes Verhalten und hohe Güteziffern in der Schweiße selbst. Abb. 5 und 6 zeigen die Gefügebilder der Drähte 1 und 6.

Diese Feststellungen waren die Erklärung für viele bisher beobachtete Erscheinungen und gleichzeitig Wegweiser für die Herstellung geeigneter blanker Elektroden. Die Höhe des Anteiles von nichtmetallischen Einschlüssen ist zweifellos abhängig vom Herstellungsverfahren und in gewissen Grenzen auf die Güteziffern des Werkstoffes von geringem Einfluß. Daraus erklärt sich auch, daß vielfach ganz billige Zaun- und Matratzendrähte sich befriedigend verschweißen lassen und daß blanke Stäbe, mit denen eine normale Schweißraupe zu ziehen einfach nicht möglich ist, in ummanteltem Zustande sofort befriedigendes Verhalten zeigen. Die Ummantelung, für die es heute bereits Hunderte von Verfahren gibt, bedeutet aber in diesem Falle nichts andres, als den Ersatz der zu geringen nichtmetallischen Einschlüsse.

Natürlich ist es möglich, den Elektrodenstahl mit der praktisch richtigsten Menge nichtmetallischer Einschlüsse zu legieren und einen stets gleichmäßigen Stahl herzustellen, aus dem man blanke Elektroden gewinnen kann,

Abb. 3
Abgegrenzter Teil des Schliffes von 0,3 m auf dem Projektionsschirm. Vergr.: 1000fach.

Abb. 4
Gefügebild im abgegrenzten Teil des Schliffes auf dem Projektionsschirm. Vergr.: 1000fach.

Zahlentafel 1
Zusammensetzungen von vier Schweißdrähten

Draht Nr.	C vH	Si vH	Mn vH	S vH	P vH	Einschlüsse auf 1 mm² 10^{-3} mm²	Einschlüsse in vH der Fläche
1	0,09	0,01	0,33	0,028	0,018	1,86	0,186
2	0,11	Spur	0,30	0,039	0,037	2,45	0,245
5	0,02	0,003	0,13	0,011	0,005	8,35	0,835
6	0,08	0,002	0,09	0,005	0,059	31,6	3,16

Abb. 2. Rückseite des Projektionsschirmes mit Schliffbild. Vergr. 1000fach.

ie den ummantelten Elektroden in bezug auf Verschweißbarkeit nicht im geringsten nachstehen, jedoch eit billiger sind.

Man verlegt heute die praktisch richtige Menge nichtmetallischer Einschlüsse in die Längsachse des Stabes nd erreicht dadurch rohrähnliche Lichtbogen.

Daß aber ein solcher Elektrodenaufbau zu den in ancher Beziehung vorteilhaften Eigenschaften der umhüllten Elektrode führt, wird durch das Oszillogramm oll und ganz bestätigt, das das kennzeichnende Schaubild der umhüllten Elektrode zeigt. Solche Elektroden kann an auch mit Wechselstromtransformatoren ohne Schwiegkeit verschweißen, die Schweißungen weisen die eichen Güteeigenschaften auf, wie die mit Gleichrommaschinen hergestellten.

Die mit solchen Elektroden hergestellten Schweißen nd schmiedbar und warmbiegfähig; im Gegensatze zu n umhüllten Elektroden entfällt das kostspielige und itraubende Abklopfen der Schlacke beim Auftragen ehrerer Lagen.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, betone ich ausücklich, daß die vorstehenden Ausführungen lediglich ir die elektrischen Lichtbogen-Schmelzschweißungen

Abb. 5
Gefügebild des Drahtes 1, Zahlentafel 1. Vergr.: 500fach.

Abb. 6
Gefügebild des Drahtes 6, Zahlentafel 1. Vergr.: 500fach.

gten, da die etwaige Anwesenheit nichtmetallischer Einschlüsse im Schweißstab für Gas-Schmelzschweißung sehr schädlich ist.

Ein sehr gefährlicher Feind jeder Lichtbogen-Schmelzschweißung ist der Schwefelgehalt im Schweißstab, da Überschreiten einer gewissen Grenze zur Rotbrüchigkeit führt; die Schweiße zeigt schon während des Erkaltens oder einige Zeit darauf Risse. Für die Feststellung des schädlichen Einflusses hat man neben der kostspieligen und zeitraubenden chemischen Analyse ein sehr einfaches Mittel, die Warmbiegeprobe. Der zu untersuchende Stab wird ungefähr bis zur Mitte des Durchmessers eingekerbt, an dieser Stelle auf Rotglut erwärmt und gebogen. Das Verhalten der Kerbe zeigt, ob Rotbrüchigkeit vorliegt.

Das Spritzen von Schweißstäben ist in erster Linie auf ein Zuwenig oder Zuviel unschädlicher, nichtmetallischer Zusätze und in zweiter Linie auf das Vorhandensein von schädlichen, nichtmetallischen Verunreinigungen zurückzuführen. Zu letzteren gehört wohl zweifellos auch der Wasserstoff, der für die Gütezahlen der Schweißung selbst belanglos ist, durch kleine Explosionen aber das Spritzen fördert und das Schweißen selbst erschwert. Wenn der Aufnahme von Wasserstoff schon bei der Herstellung des Stahles metallurgisch entgegengewirkt wird, so ist gerade bei der Erzeugung des Schweißstabes bei Nichtbeobachtung der nötigen Vorsichtsmaßregeln reichlich Gelegenheit zur Wiederaufnahme von Wasserstoff vorhanden.

Alle Metalle, und besonders Eisen, haben eine starke Neigung, Wasserstoff aufzunehmen. Die gewalzten Drähte beizt man aber vor dem Ziehen sehr häufig in heißer, verdünnter Schwefelsäure, um sie vom Walzzunder zu befreien. Bei diesem Verfahren setzt eine chemische Reaktion ein, bei der die Schweißstäbe mit großen Mengen Wasserstoff im Entstehungszustande in Berührung kommen und ihn absorbieren. Solche Schweißstäbe werden bei sonst befriedigenden Güteeigenschaften bei der Verschweißung sehr stark spritzen und die Arbeit des Schweißers ungemein erschweren. Nur durch Wahl geeigneter Beizflüssigkeit und genaue Beobachtung des Beizvorganges selbst, läßt sich dem Übelstand restlos steuern.

Abnahme blanker Schweißdrähte

In erster Linie prüft man die chemische Zusammensetzung durch die chemische Analyse. Bereits bei der Herstellung des Stahles hat man für die Anwesenheit des notwendigen Anteils von nichtmetallischen Einschlüssen Sorge getragen. Da die nichtmetallischen Einschlüsse derart gewählt sind, daß sie bei der Verschweißung vorwiegend verdampfen und nahezu keine Schlacke bilden, braucht man nur die die Güte der Schweißung beeinflussende Analyse zu untersuchen. Ich halte es nicht für richtig, daß der Abnehmer Analysengrenzen festlegt, da es dem Erzeuger freistehen soll, durch Änderungen der Legierung die Güte der Schweißung zu beeinflussen.

Als günstige chemische Zusammensetzung habe ich für unlegierte Flußstahlelektroden für Verbindungsschweißungen u. a. erkannt: C unter 0,1 vH, S 0,03 vH (Höchstwert), P 0,02 vH (Höchstwert).

Den Draht stellt man durch Walzen und Ziehen her. Zweckmäßig ist es, die einzelnen Chargen bis zum Abschluß der Nachprüfung oder der Übernahme getrennt zu halten.

Von jedem zehnten Drahtbund einer Charge prüft man einen Stab mittels der Warmbiegeprobe auf Rotbrüchigkeit und führt mit einem andern Stab eine Schweißung aus, indem man auf einem Stück des Werkstoffes, der hauptsächlich zur Verschweißung gelangt, also z. B. auf einem Kesselblech, eine Schweißraupe zieht. Einwandfrei kann man die Schweißspannung, die 20 V nicht übersteigen soll, den Fluß und die Schmelzgeschwindigkeit, das Verhalten und die Art des Lichtbogens, das Auftreten und Verhalten von Schlacke, sowie das Spritzen des Drahtes beobachten. Dann schleift man die Schweißraupe etwas ab und prüft die Härte der Schweiße. Schließlich wird das Blech mit der Schweißraupe auseinandergeschnitten, die Schnittfläche etwas überschliffen, makroskopisch geätzt und die Einbrandtiefe festgestellt.

Zeigen die Stichproben untereinander verschiedenes, widersprechendes Verhalten, so soll man sämtliche Drahtringe der Charge in dieser Weise prüfen, da man hierdurch jene Ringe, die entweder infolge unrichtiger Behandlung bei der Verarbeitung oder infolge einer Werkstoffverwechslung für Schweißdraht ungeeignet sind, von vornherein ausscheiden kann.

Selbstverständlich ist es notwendig, von Fall zu Fall auch eine wissenschaftliche Werkstoffprüfung vorzunehmen. Allerdings erachte ich es als zu weitgehend und unrichtig, die Ergebnisse einer Zerreißprüfung, oder den Biegewinkel einer Biegeprüfung als maßgebend für die Güte eines Schweißdrahtes anzusehen. Bei diesen Prüfungen ist man viel zu sehr von der Handgeschicklichkeit des Schweißers und verschiedenen andern Zu-

Abb. 7 bis 10
Geschweißte, geschmiedete und heiß verwundene Probe (Flacheisen 70 mm × 14 mm).

Abb. 7
Zum Schweißen vorbereitet.

Abb. 8
Elektrisch geschweißt.

Abb. 9
Geschweißtes Flacheisen auf ⊢⊣ 20 × 5 geschmiedet.

Abb. 10
Geschmiedetes Flacheisen, heiß verwunden.

fälligkeiten abhängig; die Ergebnisse solcher Prüfungen weisen viel zu große Streuungen auf. Meines Erachtens sollte man neben den festgelegten Analysen keine bestimmte Festigkeit, Dehnung, Biegewinkel usw. vorschreiben, um sie vielleicht mit einem erstklassigen Schweißer zu erreichen. Die Praxis verfügt heute noch nicht über genügend erstklassige Schweißer und stellt auch von Fall zu Fall verschiedene Forderungen, die sich nicht in eine Norm bringen lassen. Hierzu ein Beispiel aus meiner Praxis: Eine Firma hatte Gestänge und Winkel zu schweißen, die in geschweißtem Zustande geschmiedet, gerichtet und verdreht werden mußten. Als Probe galt die Vorschrift:

Zwei Flacheisen (70 × 14 mm) wurden zusammengeschweißt, unter dem Dampfhammer auf 20 × 5 mm geschmiedet und in noch warmem Zustande zu einer Spirale gedreht, ohne daß sich die Schweißung lösen durfte. Auf eine bestimmte Festigkeit oder Dehnung kam es nicht an. Dieser Anforderung genügten die erstklassigen, blanken Elektroden nicht, mit denen man vorzügliche physikalische Werte und Biegewinkel bis zu 180° erreichte. Mit einem Draht, den man auf Grund meiner eingangs erwähnten Erwägungen hergestellt hatte, konnte man die Forderung erfüllen, Abb. 7 bis 10. Man soll daher vorläufig die Forderungen, die man an einen Schweißdraht stellt, den praktischen Verhältnissen entnehmen.

Probeentnahme von geschweißten Werkstoffen

Aus einem geschweißten Blech (300/350/12 mm) entnimmt man drei Stäbe für Biegeprüfungen, zwei Stäbe für Zerreißprüfungen und zwei Stäbe für Kerbschlagprüfungen, Abb. 11 und 12. Entgegen den Richtlinien des deutschen Fachausschusses wird in Österreich die Schweißraupe restlos entfernt, indem das geschweißte Blech auf beiden Seiten um 1 mm abgehobelt wird. Ich halte diesen Vorschlag für rein wissenschaftliche Untersuchungen für richtiger, da ich von der Form und Größe der Schweißraupe unabhängig bin. Für interne Werkstättenprüfungen zur Untersuchung der vom Schweißer geleisteten Arbeiten soll man dagegen die Schweißraupe nicht entfernen.

Von Wichtigkeit ist es auch, für die Durchführu der Biegeprüfung eine Norm zu schaffen; Biegewinl soll man nur gleichzeitig mit dem Verfahren, nach dem hergestellt wird, normen. Nicht nur die Art der H stellung des Biegestabes mit belassener, abgehobel oder abgeschliffener Schweißraupe, sondern auch Art des Biegens selbst, im Schraubstock, mit Biegev richtung mit festen oder Rollenauflagen, hat einen stimmenden Einfluß auf die Größe des Biegewink

Außerordentlich wichtig ist es jedoch, den für p sikalische Prüfungen zu verwendenden Werkstoff normen. In allen bisherigen Vorschlägen für Gü prüfungen von Verbindungsschweißungen wird Werkstoff Kesselblechgüte vorgeschlagen. Nun hat m aber in Deutschland vier Kesselblechgüten, deren Fest keiten zwischen 37 und 54 kg/mm² liegen und der C-Gehalte dementsprechend verschieden sind. Je na Wahl einer dieser vier Güten erhält man bei Verwendu desselben Zusatzwerkstoffes sehr unterschiedliche E gebnisse, insbesondere bei Zerreiß- und Biegeprüfung Die bisher beobachtete große Streuung bei den Erg nissen solcher Prüfungen an verschiedenen Stellen wohl zum großen Teil auch auf die Heranziehung v schiedener Blechgüten zurückzuführen. Auch in die Beziehung ist eine Normung des Werkstoffes oder ei Unterteilung der gestellten Forderungen notwendig, es unbillig wäre, zu verlangen, daß ein Blech v 37 kg/mm² Festigkeit in geschweißtem Zustande dieselb mechanischen Eigenschaften zeigt, wie ein solches v 54 kg/mm² Festigkeit.

Für wissenschaftliche Untersuchungen sollte m nur geglühte Bleche von bestimmten Festigkeitseig schaften verwenden, da nur dadurch eine sichere Gew geboten ist, gleichartige und spannungslose Bleche verschweißen. Ich bin davon überzeugt, und habe durch zahlreiche Fälle bestätigt gefunden, daß der Gru für Fehlbeurteilungen und rätselhafte Streuungen Versuchsreihen lediglich auf Ungleichartigkeit des v wendeten Kesselbleches zurückzuführen war.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß Versuch, die Abnahme von Verbindungsschweißdräh in eine feste Norm zu kleiden, auf ziemliche Schwier keiten stößt und die individuelle praktische Beurteilu nach wie vor eine bedeutende Rolle spielen wird. E Hauptaufgabe der Fachausschüsse wäre es vor allem, Durchführungsbestimmungen für wissenschaftliche I probungen zu normen, damit sie eine Vergleichsgrundl darstellen, diese aber lediglich als Kontrolle und Be tigung der praktischen Beurteilung anzusehen.

Abb. 11 und 12
Versuchsplatte für Zerreiß-, Biege- und Kerbschlagproben an Schweißungen (Blechdicke 12 mm).

Schweißdrähte für Auftragschweißung

Die Auftragschweißung dient im allgemeinen der Wiederherstellung abgenutzter Maschinenteile. Die Hauptanforderung an solche Schweißungen besteht darin, daß sie bei großer Dichte bedeutenden Verschleißwiderstand aufweisen sollen, wogegen auf Dehnung und Kerbzähigkeit in den meisten Fällen wenig oder gar kein Gewicht gelegt wird. Am naheliegendsten ist es, Auftragschweißungen mit einem Zusatzwerkstoff auszuführen, der sich in chemischer Beziehung nach der Schmelzung im elektrischen Lichtbogen möglichst dem Werkstoff des Werkstückes nähert. Schon aus diesen Forderungen, die noch durch die Frage der Bearbeitbarkeit vermehrt werden, ersieht man, daß bei der Wahl von Zusatz-Werkstoffen für Auftragschweißungen derart individuell vorgegangen werden muß, daß man an eine Normung gar nicht denken kann. Hauptbedingungen für alle Zusatzwerkstoffe sind aber, ebenso wie bei der Verbindungschweißung, gute Verschweißbarkeit mit stabilem Lichtbogen, gute Einbrandtiefe und geringer Spritzverlust. Jeder mittelmäßige Schweißer kann wohl die Schweißstäbe daraufhin beurteilen.

Nun kommt es aber dem Schweißdrahtverbraucher in der Hauptsache auch darauf an, im vorhinein zu wissen, welche Eigenschaften die von ihm hergestellte Schweißung hat. Der Kohlenstoffgehalt des Werkstückes, auf dem die Auftragschweißung durchgeführt wird, und die Größe dieses Werkstückes sowie die bei der Schweißung in diesem aufgespeicherte Wärme sind aber von derart bestimmendem Einflusse auf die physikalischen Eigenschaften, daß man mit demselben Zusatzwerkstoff bei verschiedenen Bedingungen die unterschiedlichsten Ergebnisse erreichen kann. Wenn also für Zusatzwerkstoffe für Auftragschweißungen vom Schweißstabhersteller bestimmte Festigkeiten für die Schweißung angegeben werden, so gründen sich diese immer auf gewisse zu erfüllende Vorbedingungen, die von Fall zu Fall den örtlichen Verhältnissen entsprechend festgelegt werden müssen.

Um aber doch wenigstens für eine bestimmte Anzahl von Fällen einen gewissen Anhaltspunkt zu haben, würde ich vorschlagen, einheitlich bestimmte Werkstücknormen festzulegen, auf denen aufgetragene Schweißraupen bestimmte Brinellsche Festigkeiten ergeben. Man könnte Werkstücke von bestimmter chemischer Zusammensetzung und bestimmten Brinellhärten in verschiedenen Querschnittgrößen und einheitlicher Länge normen, auf denen Schweißraupen aufgetragen werden, deren Brinellhärte bestimmt wird. Infolge der durch die verschiedene Wärmeabfuhr bedingten verschiedenen Abschreckwirkung werden sich bei den kleineren Querschnitten geringere, bei den größeren Querschnitten höhere Brinellhärten ergeben; die von den Schweißdrahtherstellern angegebenen Grenzwerte können sicherlich dem Verbraucher Anhaltspunkte für die Wahl des Zusatzwerkstoffes bieten.

Eine Ausnahme bilden die austenitischen Stähle, besonders der in letzter Zeit für verschleißfeste Auftragschweißungen herangezogene hochhaltige Manganstahl. Bei diesen Stählen zeigt die Brinellprüfung nicht die richtigen Werte, und erfahrungsgemäß muß man auf diese ungefähr 25 kg/mm² zuschlagen, um die tatsächliche Zugfestigkeit in kg/mm² zu erhalten.

Einer Normung von Abnahmebedingungen steht also noch eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen. Für die nächste Zeit wird es wohl dabei bleiben müssen, daß Abnahmebedingungen nur für besondere Fälle und, das möchte ich besonders betonen, unbedingt im gegenseitigen Einvernehmen zwischen Verbraucher und Hersteller geschaffen werden.

Wichtig und durchführbar ist jedoch die Schaffung von Normen für theoretische Versuche. In dieser Hinsicht haben meines Wissens schon verschiedene führende Persönlichkeiten der Schweißtechnik gute Vorschläge gemacht. Wenn wir, wie ich hoffe, in absehbarer Zeit Ergebnise der verschiedensten Herkunft auf einheitlicher Grundlage auch tatsächlich miteinander vergleichen können, dann sind wir auf dem jungen, entwicklungsfähigen, jedoch noch in den Kinderschuhen steckendem Gebiete der elektrischen Lichtbogen-Schmelzschweißung ein gutes Stück vorwärts gekommen, was ich im Sinne unserer gemeinsamen Bestrebungen von Herzen wünsche. [B 1451]

Physikalisch-chemische Grundlagen der Schleifmittelkunde

Von Prof. Dr. Wilhelm Eitel, Berlin-Dahlem[1])

Forschung über den Schleifvorgang. — Kristallographische Grundbegriffe der Bildung des Schleifkornes. — Kristallbildung in natürlichen Gütern. — Mineralsynthetische Erfahrungen. — Korund — Siliziumkarbid — Andere harte Werkstoffe, als Schleifmittel verwendbar.

Die als Schleifmittel verwendeten Stoffe bieten der Naturwissenschaft gleicherweise wie der Technik eine Fülle der bemerkenswertesten aber auch schwierigsten Aufgaben. In erster Linie bedarf eine exakte Erforschung der Schleifmittel auf der Grundlage der heutigen Naturwissenschaft einer genauen Begriffsbestimmung und physikalisch-chemischen Kennzeichnung der zur Eignung gewisser Stoffe als Schleifmittel notwendigen Eigenschaften. Die mechanisch-technologische Untersuchung des Schleifvorganges[2]), die in dem vergangenen Jahrzehnt immer mehr betrieben worden ist, lehrt uns erkennen, daß es nicht allein die besonders hohe Stufe der Härte der Schleifmittel ist, die sie uns technisch geeignet macht, sondern auch eine Reihe andrer Eigenschaften, wie die Spaltbarkeit des Schleifkornes, die Festigkeit der Bindung in der Scheibe, die Sprödigkeit usw.

In erster Linie sind es also kristallographische Erfahrungen, die berufen sind, der Schleifmittelkunde eine exakte Grundlage für die Forschung zu verleihen. Ferner lehrt die Erfahrung, daß die chemische Zusammensetzung des Schleifkornes in hohem Maße von Bedingungen der Schmelzgleichgewichte abhängig ist, unter denen es kristallisierte; wir beobachten, daß z. B. die Bildung von Mischkristallen aus homogenen Schmelzflüssen auch die Beschaffenheit des einzelnen Kristallkornes außerordentlich weitgehend beeinflußt. Die physikalisch-chemische Betrachtung der Zustandsdiagramme, die auf Grund umfangreicher Untersuchungen vorliegen, ermöglicht uns, heute bereits in manchen Fällen vorauszusagen, wie wir den Vorgang der Kristallisation aus der Schmelze zu leiten haben, damit ein künstliches Schleifmittel besonders gewünschte Eigenschaften erhält.

Über die Untersuchung des Schleifkornes hinaus bietet die technische Verwendung der gebundenen Schleifscheiben ebenfalls der wissenschaftlichen Forschung eine Fülle der verwickeltsten Aufgaben. Das Wesen der keramischen Bindungen ist nur eine aus dieser Mannigfaltigkeit; wir stehen noch gänzlich am Anfang eines Bestrebens, aus der Empirie oft rohester Art herauszukommen und Gesetzmäßigkeiten mittels genauer Untersuchungen zu ermitteln, die uns befähigen, das beste zu erzeugen. Sehr im argen liegt auch noch die Erforschung der mit Magnesiazementen gebundenen Scheiben, bei der insbesondere von kolloidchemischen Verfahren wohl noch

[1]) Vorgetragen vor der Deutschen Schleiftechnischen Forschungsgesellschaft am 16. Februar 1928 in Köln.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1109 und „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 601 und 1035.

Abb. 1
System Al_2O_3 — SiO_2 (nach Bowen und Greig).

Abb. 2 und 3
System Al_2O_3—MgO (nach Rankin und Merwin), mit Berücksichtigung der Kristallisation von α- und β-Al_2O_3.

wichtige Aufschlüsse für die Zukunft zu erwarten sind. Die große Zahl der organischen Bindungen führt uns vor Probleme der hochkomplexen Stoffe, wie der Gummiarten, der Kunstharze usw. Die empirische Erprobung der geeignetsten Schleifmittel und Bindungen hat zur Zeit entschieden einen gewaltigen Vorsprung vor ihrer exakten Erforschung, der aber unbedingt aufzuholen ist.

Schleifkornbildung

Wenden wir uns der einfachsten Frage, der Schleifkornbildung, zu, so erkennen wir, daß unter den härtesten Körpern, die die Chemie kennt, doch nur wenige sich zu unmittelbarer technischer Verwertung eignen. Der edelste Stoff unter den Schleifmitteln, der Diamant, ist ein so kostbarer Edelstein, daß wir ihn als Schleifmittel nur da verwenden können, wo wir ohne Rücksicht auf die Kosten Höchstleistungen in bezug auf Überwindung des Härtewiderstandes des Werkstückes verlangen. Die Natur hat uns mit diesem wertvollsten Stoff leider sehr knapp gehalten; es ersteht die ungemein schwerwiegende Aufgabe für den Physikochemiker, zu untersuchen, ob Aussicht bestehen könnte, den Diamanten technisch in größerem Maßstabe synthetisch herzustellen. Leider ergeben alle genaueren Forschungen über den Diamanten, daß mit den heutigen Mitteln diese Aussicht sehr gering bleiben wird. Selbst die große Künstlerin Natur hat den Diamanten nur unter physikalisch-chemischen Zustandsbedingungen gebildet, die wir als außergewöhnlich bezeichnen müssen. Nichtsdestoweniger ist es ein hohes Ziel der experimentellen Mineralogie, es dennoch zu wagen, das Geheimnis der Natur zu entreißen. So viele Dinge, die uns noch vor kurzem unmöglich erschienen, hat doch eines Tages der kühne Wagemut eines Forschers und Ingenieurs geleistet.

Im Mittelpunkt der Forschung unserer heutigen Schleiftechnik stehen vor allem die Stoffe, die sich von den Kristallarten des Aluminiumoxydes und des Siliziumkarbids ableiten. Hier ist die Mannigfaltigkeit der einzelnen Typen jeweils außerordentlich. Die Natur liefert uns nur den Korund als ihr eigenes Erzeugnis, freilich in den verschiedensten Graden der Reinheit: als Schmirgel in feinkristallinen Massen, als edlen Korund in großen Kristallen von oft ausgezeichneter Reinheit in mannigfaltiger Paragenese und unter den verschiedenartigsten physikalisch-chemischen Bildungsbedingungen. Es ist einer der großartigen Erfolge der Elektrochemie, daß es gelungen ist, von der durch Verunreinigungen und besondere geologische Lagerungsbedingungen der Naturerzeugnisse bedingten Ungleichartigkeit den Weg zu finden zu einer stets streng reproduzierbaren Reinheit und besonderen Beschaffenheit der Kristalle eines künstlichen Schmelzerzeugnisses, das wir in den Alundum, Elektrorubin usw. genannten Stoffen kennen. Und doch lehrt die physikalisch-chemische Erfahrung, daß es besonderer Vorsicht bedarf, wenn man ein stets gleichartiges Erzeugnis erhalten will. Zeigt doch gerade das Aluminiumoxyd bei seiner Kristallisation eine eigentümliche Abhängigkeit von den Lösungsgenossen, d. h. den in der Schmelze vorhandenen Verunreinigungen.

Korund

Die Zustandsdiagramme, Abb. 1 bis 3, lehren, daß es einen erheblichen Unterschied ausmacht, ob z. B. Kieselsäure oder Magnesia in der Schmelze anwesend ist. Im ersteren Falle bilden sich leicht Mischkristalle, die einige wenige Hundertteile des Aluminiumsilikates Mullit beigemengt enthalten, im übrigen aber dem gewöhnlichen rhomboedrischen Korund der Natur entsprechen. Ganz anders aber können die Verhältnisse sich gestalten, wenn Magnesia in den Korund in feste Lösung eingeht. Zwischen Magnesia und Tonerde bildet sich eine Verbindung $MgO \cdot Al_2O_3$, die in der Natur als der Edelstein Spinell vorkommt; diese geht mit dem gewöhnlichen Korund auf der Seite des Spinells weitgehend Mischkristalle von dessen Bauart ein, gewöhnlicher Korund nimmt aber nichts davon auf.

Demgegenüber kennt man noch eine zweite Form des Korundes, die kristallographisch vom gewöhnlichen völlig abweicht, hexagonal kristallisiert und ausgesprochen blättrig, sehr spröde ist und als Schleifmittel sich sehr schlecht eignen müßte. Die Bildung dieser Form ist dem Physikochemiker ein ausgezeichnetes Beispiel für eine metastabile, monotrope Kristallisation, die eigentlich normal nicht auftreten sollte und doch durch einfache Anwesenheit von Magnesia gewissermaßen katalytisch hervorgerufen wird und dann eine geradezu erstaunliche Stabilität zeigt. In gleicher Richtung wirken auch die Alkalien in Schmelzen der reinen Tonerde, auch sie begünstigen die Bildung des instabilen β-Korundes, während Kalk gleicherweise wie Kieselsäure die Bildung des normalen Korundes begünstigt.

Unter besonderen Zustandsbedingungen besteht aber auch noch eine dritte Form des Korundes, die noch wenig erforscht ist und wohl für die Schleifmittelkunde noch weniger unmittelbares Interesse hat als die gewöhnliche und die β-Form; trotzdem erkennen wir aus dieser Vielgestaltigkeit des einfachen Systems Aluminiumoxyd, wie mannigfaltig die Verhältnisse der Kristallisation sich verändern können, allein durch Einflüsse von Lösungsgenossen und Mischkristallbildung. Es erübrigt sich ein Hinweis, daß die physikalischen Eigenschaften der Mischkristalle von denen der reinen Stoffe stets erheblich abweichen können, sowohl was ihre Kohäsion, Spaltbarkeit, als auch ihr Kristallisationsvermögen, ihre äußere Art und dergleichen anbetrifft.

Abb. 4 zeigt den rhomboedrischen natürlichen Korund in seinem Vorkommen im pegmatitischen Gestein (Madagaskar), mit kennzeichnenden Zwillingslamellen von gedrungen-prismatischem Typus. Demgegenüber erhält man z. B. aus Kryolith-Schmelzen, Abb. 5, einen ausgesprochen dünnadeligen, aus Schmelzen mit Spinell, Abb. 6, einen ausgezeichnet tafligen Korund. Welche Gegensätze der Gestaltung! Wie sehr verschieden sind die physikalischen Eigenschaften in jedem Fall! Es bedarf eines ungemein gründlichen kristallographischen Studiums, um allein die Morphologie und die Eigenschaften der verschiedenen Korundarten kennenzulernen, die uns die Natur und die Elektrothermie liefern.

Nicols X. Vergr. 40fach. Vergr. 40fach. Nicols X. Vergr. 40fach.

Abb. 4
Rhomboedrischer natürlicher Korund im pegmatitischen Gestein.

Abb. 5
Ausgesprochen dünnadliger Korund aus Kryolithschmelzen.

Abb. 6
Ausgezeichnet tafliger Korund aus Schmelzen mit Spinell.

Abb. 4 bis 6

Siliziumkarbid

Beim Siliziumkarbid liegen die Verhältnisse nicht weniger verwickelt als beim Korund, nur mit dem Unterschiede, daß wir diesen eigenartigen Körper noch weniger kennen. Die kristallographische und physikalisch-chemische Untersuchung lehrt, daß nicht weniger als drei verschiedene Kristallarten SiC bestehen, jede der andern äußerlich ähnlich, Abb. 7 bis 9, und doch wesentlich verschieden nach ihrem atomistischen Bau. Beim Siliziumkarbid erkennen wir vor allem, daß der einfache Atomverband SiC ganz verschieden ausfallen kann, je nach den uns des näheren noch nicht genügend bekannten Zustandsbedingungen. Dabei hat hier gerade die heute so sehr entwickelte Röntgenuntersuchung des Feingefüges bemerkenswerte Analogien zum Diamanten ergeben, die nicht nur in seiner chemischen Analogie zu diesem bestehen, sondern in der Übereinstimmung eines bestimmten Bauschemas im Kristallgitter mit jenem. Tetraedrische Atombindungen finden sich bei beiden, bei SiC nur in dreifach veränderter Weise. Wir erkennen aber auch, daß als Bedingung der hohen Härte eine ungemein dichte und gedrungene Atomlagerung im Gitter wesentlich ist; denn sowohl im Diamant wie im Siliziumkarbid liegen die konstituierenden Atome außerordentlich dicht gepackt, so dicht wie bei keinem sonst uns bekannten Körper. Die Spaltbarkeiten beider lassen sich anderseits aus besonders weit voneinander entfernten bestimmten Atomebenen folgern. So erkennen wir als tieferen Hintergrund der Frage nach der technischen Eignung bestimmter Stoffe zu Schleifmitteln Fragen der Kristallstruktur und des Atomverbandes. Wir müssen bei einer Erforschung der Schleifmittel bestrebt sein, diese grundlegenden Fragen besonders eingehend zu untersuchen.

Anders geartete Stoffe

So können wir auch die Frage erwägen, ob noch ganz anders geartete Stoffe als der Diamant, der Korund und das Siliziumkarbid als Schleifmittel technisch aussichtsreich sein werden. Leider ist doch die Auswahl solcher Körper sehr bescheiden geblieben. Die reichen Erfahrungen unserer heutigen Untersuchungen zeigen uns nur wenige Stoffe, die überhaupt in ihrem Gefüge sich mit den genannten vergleichen lassen. Ein ganz besonders merkwürdiges, dem Diamanten nahestehendes Beispiel gibt uns die Natur im Disthen, einem Aluminiumsilikat; er hat ein diamantähnliches Gefüge, und auch im thermodynamischen Verhalten besteht eine geradezu erstaunliche Analogie beider Kristallarten. Leider hat dieses Mineral keine Zukunft als Schleifmittel, ist es doch nur in einer Richtung von bedeutender Härte, im übrigen mechanisch nicht günstig als Schleifkorn; es ist aber um seiner Ähnlichkeit mit dem Diamanten wegen ein überaus merkwürdiges Beispiel für die Richtigkeit des vermuteten Zusammenhangs zwischen Kristallgefüge und Eigenschaften.

Ein andres Beispiel liefern uns die Karbide des Wolframs, die strukturelle Ähnlichkeit mit Arten des Siliziumkarbids aufweisen und sich in der Technik als höchstwertige Stoffe für den Drehvorgang an Metallwerkstücken erwiesen haben. Wieweit sie auch für schleiftechnische Belange wichtig sein werden, wird die nächste Zukunft lehren. V. M. Goldschmidt hat beachtenswerte theoretische Erörterungen darüber angestellt, wie planmäßig vielleicht noch andre Arten harter oder härtester Kunststoffe auf Grund atomtheoretischer und kristallographischer Forschungen sich werden finden lassen, und zwar in gleicher Richtung wie vorstehend angedeutet. Es mag sein, daß eine verfeinerte präparative Chemie uns noch manchen Stoff bescheren wird, der einer ernsthaften Prüfung auf seine schleiftechnische Verwertbarkeit zu unterwerfen sein wird; an uns wird es liegen, die physikalisch-chemischen Verfahren auszubilden, nach denen man eine solche Eignung wird entscheiden können. [B 1476]

Abb. 7 bis 9
Die drei verschiedenen Kristallarten des Siliziumkarbids (nach Rinne).

Die „Hollko“-Wälzkolbenpumpe

Von Studienrat Dipl.-Ing. Jentsch, Duisburg

Neuartige Wälzkolbenpumpe, die sich durch einfachen Bau, Flächenabdichtung und außergewöhnliche Saugwirkung auszeichnet — Versuchsergebnisse — Praktische Bewährung im Dauerbetrieb und Verhältnis zu Pumpen ähnlicher Bauart.

Im Pumpenbau ist man in steigendem Maße bestrebt, Konstruktionen herauszubringen, die einerseits in ihrem betriebsmäßigen Verhalten den reinen Kolbenpumpen nahestehen, anderseits aber den unmittelbaren Antrieb mit hoher Umlaufzahl und große Mengenleistung bei kleinem Gewicht und kleinen Abmessungen mit den Kreiselpumpen gemeinsam haben. Auf niedrigen Preis und weitgehende Betriebsicherheit bei guter Anpassungsfähigkeit an wechselnde Betriebsverhältnisse wird großer Wert gelegt.

Im nachfolgenden wird eine derartige Neukonstruktion, die Wälzkolbenpumpe, Bauart Mocigemba, Abb. 1, besprochen. Die Maschine wurde in ihrer zweitkleinsten Ausführung im maschinentechnischen Laboratorium der staatlichen Maschinenbau- und Hüttenschule zu Duisburg von mir einer Reihe von Versuchen unterworfen, die in der Hauptsache den Charakter von Vorversuchen trugen und den Zweck hatten, das betriebsmäßige Verhalten der neuen Maschinenart festzustellen, um für die in konstruktiver Entwicklung stehende Maschine Versuchsgrundlagen zu erhalten. Die Versuche werden in Kürze mit größeren Maschinen fortgesetzt werden. Gebaut wird die Pumpe von der Firma Dipl.-Ing. Hollunder & Co., Essen.

RZ1521Z1

Abb. 1
Wälzkolbenpumpe, erbaut von der Firma Dipl.-Ing. Hollunder & Co., Essen.

Aufbau und Wirkungsweise

Abb. 2 bis 4 lassen die Wirkungsweise leicht erkennen: Nach Durchströmen des Saugstutzens a gelangt das Fördergut in zwei Strömen von links und rechts außen an zwei ineinandergreifende, gegenläufig umlaufende, wendeltreppenartig abgestufte Wälzkörper, b_1 und b_2, Abb. 6, die es auf vier zueinander parallel geschalteten Wegen, unter Vermeidung des Auftretens von nach außen hin wirksamen Axialschüben, nach der Gehäusemitte hin zum Druckstutzen c fördern. Die von außen nach innen gerichtete Wasserförderung ergibt noch den besonderen Vorteil, daß die Stopfbüchsen nicht gegen den Förderdruck abzudichten brauchen. Die Pumpe ist übrigens bis auf den Durchtritt der Antriebwelle nach außen hin völlig abgeschlossen. Die Arbeitsweise der Pumpe ähnelt der der Schraubenpumpen, d. s. solche, bei denen zwei mit Rechts- oder Linksgewinde versehene, tief geschnittene Schrauben miteinander im Eingriff stehen. Derartige reine Schraubenpumpen aber können zufolge der verschiedenen Steigung längs der Erzeugenden nur mit mehr oder weniger reichlichem Spiel in den Gewindegängen arbeiten, so daß die Abdichtung unzureichend bleiben muß. Bei der Wälzkolbenpumpe aber sind die Gänge gestuft — bei vorliegender Ausführung

Abb. 5
Abwicklung des Mantels eines Wälzkolbens.

Abb. 2 bis 4
Wälzkolbenpumpe, Bauart Mocigemba.

a Saugstutzen b_1, b_2 Wälzkörper
c Druckstutzen d_1, d_2 Röhrchen für Sperrflüssigkeit

sind 4,5 Stufen auf den Umfang ang[e]bracht —, wodurch sich als seitlic[he] Begrenzung der Gänge Ebenen sen[k]recht zur Drehachse ergeben. Nur g[e]gen die Welle hin ist die Abdichtu[ng] eine sogenannte Linienabdichtung. D[ie] Wälzkolben reiben somit nicht meta[l]lisch gegeneinander. Aus der A[b]wicklung des Mantels eines Wälzk[ol]bens, Abb. 5, ist zu ersehen, daß d[er] Übergang von einer Stufe zur ander[en] mit reichlichem Querschnitt ausgefüh[rt] ist. Durch Erhöhung der Stufenza[hl] auf den Umfang läßt sich die Flüssi[g]keitsführung verbessern, so daß m[an] sich dem Ideal der Förderung na[ch] reinen Schraubenlinien noch weit[er] nähern kann, ohne auf die Abdic[h]tungsebenen verzichten zu müssen. Z[u]folge dieser konstruktiven Besonderh[ei]ten ist vor allem die Saugwirkung d[er] Pumpe sehr hoch. Mittels einer ei[n]fachen Vorrichtung, des „Duple

Abb. 6
Ineinandergreifende treppenartig abgestufte Wälzkörper

ıugers“, vermag die Pumpe sich das Wasser aus dem ıllig mit Luft gefüllten Saugrohr bei entsprechend niedriın Wassertemperaturen bis auf Saughöhen von rd. 9 m in enigen Augenblicken heranzuholen. Vom Erfinder Mociımba angestellte Versuche über die Höhe des erelbaren Unterdrucks beim Fördern von Wasser mit Temıraturen von 10 bis 95 ° ergaben die in Abb. 7 wiederıgebenen Werte. Nach erfolgtem Ansaugen wird die ilfssaugvorrichtung, die übrigens nur beim Ansaugen ıf große Höhen in Tätigkeit zu treten braucht, wieder ıgeschaltet. Ihre Wirkungsweise besteht darin, daß durch n Röhrchen d_1, Abb. 2 bis 4, aus einer Schale der Grundatte eine der Förderflüssigkeit entsprechende Sperrflüsıkeit angesaugt und auf normalem Wege nach dem

Abb. 7
Unterdruck in Abhängigkeit von der Wassertemperatur.

Abb. 9 und 10
Ergebnisse der Mengenmessungen, abhängig vom Förderdruck und von der Drehzahl.

Abb. 8
Versuchsanordnung.

a Wälzkolbenpumpe *c* Meßdüse
b Vakuummeter *d* Nebenschlußmotor

Druckraum hin zum Ausflußröhrchen d_2 und damit zur Schale zurückgefördert wird. Bis zum Ende des Ansaugens wird also durch das Kreisen der Sperrflüssigkeit die metallische Abdichtung durch Flüssigkeitsabdichtung ersetzt.

Vermöge der Hilfssaugvorrichtung läßt sich die Wälzkolbenpumpe auch zur Förderung und Verdichtung von Gasen und Dämpfen verwenden. Die Querschnittabmessungen der Gänge werden dann der Volumenverminderung entsprechend nach dem Druckstutzen hin verkleinert, und das Gehäuse erhält gegebenenfalls einen Kühlmantel.

Was die Druckwirkung bei der Förderung von Wasser betrifft, so ist die Pumpe in normaler Ausführung für Drücke bis zu 50 m W.-S. geeignet, bei Sonderausführung bis zu 200 m.

Läßt man die Förderflüssigkeit in umgekehrter Richtung und als Energieträger durch die Maschine strömen, was zufolge des Nichtvorhandenseins von Druck- und Saugventilen ohne weiteres möglich ist, so werden auf die Radialflächen der Stufen Drehmomente erzeugende Kräfte ausgeübt, und die Maschine läuft als Motor. Gelegentlich angestellte kurze Versuche wiesen diese Betriebsmöglichkeit nach; Meßversuche sind noch nicht vorgenommen.

Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse

Zur Durchführung der Versuche wurde eine kleine Pumpe für Riemenbetrieb zur Verfügung gestellt.

Wie die Versuchsanordnung, Abb. 8, zeigt, diente zum Antrieb ein Gleichstrom-Nebenschlußmotor mit weitgehender Drehzahlregelung. Es wurden nur drei Versuchsreihen durchgeführt, und zwar bei 1000, 1500 und 1900 U/min. Die Fördermenge wurde mittels Meßdüsen bestimmt. Die Ergebnisse der Mengenmessung sind in Abb. 9 in Abhängigkeit vom Förderdruck und in Abb. 10 in Abhängigkeit von der Drehzahl dargestellt. Der Förderdruck wurde mittels Drosselung erzeugt. Der jeweilige Unterdruck im

Abb. 11
Unterdruck im Saugstutzen in Abhängigkeit vom Förderdruck.

Abb. 12 und 13
Leistungen und Wirkungsgrade der Pumpe.

a vom Motor aufgenommene Leistung
b Wirkungsgrad des Motors einschließlich Riementrieb (in Abhängigkeit von der aufgenommenen Motorleistung)
c Bremsleistung des Motors = Antriebleistung der Pumpe
d Gesamtwirkungsgrad der Pumpe

Saugstutzen wurde im Vakuummeter abgelesen und ist in Abb. 11 in Abhängigkeit vom Förderdruck aufgetragen.

Da der Wirkungsgrad des Motors einschließlich der Riemenübertragung unbekannt war, wurde er durch einen besonderen Bremsversuch mittels eines durch Riemen angetriebenen Pronyschen Zaumes und nur für die Normaldrehzahl der Pumpe von 1500 U/min bestimmt. Diese Bremsleistung ist mit Bezug auf die entsprechenden Werte der vom Motor aufgenommenen Leistung beim Antrieb der Pumpe die Antriebleistung für diese.

Der Gesamtwirkungsgrad der Pumpe ist dann:

$$\eta = \frac{\text{Leistung an gehobenem Wasser}}{\text{Leistung an der Kupplung}} = \frac{\dfrac{Q\,\gamma\,H}{75}}{\dfrac{E\,I\,\eta_{\text{Motor}}}{736}},$$

wobei Q = Fördermenge in m³/s, H = Förderhöhe in m W.-S. einschl. Saugunterdruck.

Die Werte von Leistung und Wirkungsgrad sind in Abb. 12 und 13 dargestellt. Der Höchstwert des Wirkungsgrades von 35 vH ist mit Rücksicht auf die kleinen Abme sungen der Versuchsmaschine ein für diese Art Pump normaler Wert. Bei Ölförderung stellen sich laut Angab der Lieferfirma die Gesamtergebnisse noch günstiger, daß mit einem um erfahrungsgemäß 20 bis 30 vH höhe liegenden Wirkungsgrad gerechnet werden kann.

Bewährung der Pumpe im Betrieb

Die Wälzkolbenpumpe ist seit reichlich einem Jahr i den verschiedensten Industriezweigen in Anwendung, un es werden mit ihr Stoffe unterschiedlichster Zusamme setzung, Konsistenz und Temperatur gefördert. Für Säur förderung erhalten die Innenteile eine Hartgummiau kleidung.

Die Maschine hat sich durchweg bewährt. Solang nicht Sand in der Förderflüssigkeit enthalten wa haben die Wälzkolben und die Gehäusewände keinerl Abnutzung gezeigt, dank des Fortfalls metallischer Re bung und der Möglichkeit genauer Herstellung der Wäl kolben, die durch einfaches, stufenweises Querfräsen au einem Bronzezylinder hergestellt werden können. Di reichlich bemessenen Lager weisen üblichen Verschlei auf; größere Pumpen werden mit Kugellagern ausgerüste Nimmt man noch den sehr einfachen Aufbau der Maschin die geringe Zahl bewegter Teile und die Zwangläufigke der Förderung hinzu, so erhellt, daß die Betriebsicherhe der Wälzkolbenpumpe entsprechend groß sein muß.

Seit längerem bestehen besonders im amerikanische Pumpenbau Bestrebungen, die reinen Schraubenpumpe durch Zusammenbau der Drehkörper aus einzelnen Stufe gliedern zu verbessern. Dabei aber wird die Förderflü sigkeit in Absätzen einmal radial und dann wieder axia also mit vermehrten Richtungswechseln vorwärts beweg so daß sich eine Förderung mit erheblichen Stößen und E zitterungen ergibt.

Bei der vorliegenden Maschine aber ist, wie nochma betont sei, die Annäherung an einen glatten Schraubengan besonders bei den größeren Durchmessern der Wälzkolbe in weitgehendem Maße möglich. [B 1521]

Die jährliche Anwendungsdauer landwirtschaftlicher Maschinen und die sich daraus ergebende Wirtschaftlichkeit[1])

Die wirtschaftliche Not der Landwirtschaft, die sich seit der Festigung der Währung immer mehr bemerkbar gemacht hat, wirft die berechtigte Frage nach den Ursachen dieser Wirtschaftskrisis auf. Es ist Tatsache, daß neben der ungünstigen Marktlage, den hohen Arbeitslöhnen und den gewaltigen steuerlichen Lasten, die übermäßige und falsche Anwendung von Betriebsmitteln die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Betriebsmittel ungünstig beeinflußt. Die stark gestiegene Industrialisierung der Landwirtschaft in der Inflationszeit, die übermäßig starke Verwendung großer Maschinen, hat der Landwirtschaft und der Industrie ein falsches Bild von der Verwendbarkeit landwirtschaftlicher Maschinen gegeben.

Die Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maschinen auf Gütern verschiedener Größe hat ergeben, daß die Landwirtschaft bei dem gegenwärtigen Stand der landwirtschaftlichen Maschinen in deren Anwendung noch nicht zu weit gehen sollte.

Die Großbetriebe sind den Mittel- und Kleinbetrieben gegenüber in der Anwendung der augenblicklich auf dem Markt befindlichen Maschinen günstiger gestellt. Der verhältnismäßige Anteil der Belastung der Produktionseinheit verschiedener Art beträgt auf Großbetrieben 25 bis 33,3 vH, auf Mittelbetrieben 30,9 bis 40,8 vH und auf Kleinbetrieben 36,8 bis 48 vH. Daraus geht hervor, daß die Produktionseinheit der Kleinbetriebe bis um fast 100 vH stärker durch die Gesamtheit der verwendeten Maschinen belastet wird, als die der Großbetriebe. Ein geringer Ausgleich findet statt durch eine infolge größerer Arbeitsintensität verhältnismäßig größere Ertragsmenge auf der gleichen Bodenfläche bei Mittel- und Kleinbetrieben.

Die Wirtschaftlichkeit der Maschinen bei gleicher Gü des Bodens und bei gleicher Lage des Wirtschaftsbetrieb wird auf den einzelnen Gütern verschiedener Größe erst dan gleich sein, wenn das

Produkt aus der Zahl der auf den einzelne Betrieben verwendeten Maschinen gleiche Art, ihrer Arbeitsbreite und ihrem Ansch fungswert, gleich ist dem Produkt aus de zu bearbeitenden Fläche und dem Inte sitätsfaktor.

Der Intensitätsfaktor wird mit abnehmender Arbeit fläche größer.

In Amerika ist zuerst, infolge geringer Zahl an Arbeit kräften und infolge ausgedehnterer Arbeitsflächen das B dürfnis nach leistungsfähigen Maschinen entstanden, un die landwirtschaftliche Maschinenindustrie hat dort, a Grund der für sie günstigen Vorbedingungen, in kurzer Ze das geschaffen, was die Landwirtschaft brauchte. Die deu sche Industrie hat bei vielen Maschinen die großen amerik nischen zum Vorbild genommen. Diese großen und teure Maschinen sind aber für die kleinen deutschen landwir schaftlichen Betriebe unwirtschaftlich.

Die Nachfrage nach geschulten landwirtschaftlichen A beitern ist aber in Deutschland groß, und deshalb ist d Landwirtschaft gezwungen, die fehlenden Arbeitskräf durch Maschinen zu ersetzen. Die Zahl der Mittel- und Klei betriebe ist in Deutschland weit größer, als die der Gro betriebe, daher sollte die landwirtschaftliche Maschinenind strie bestrebt sein, kleinere und billigere Maschinen auf de Markt zu bringen, um auch den Mittel- und Kleinbetriebe die Verwendung wirtschaftlicher Maschinen zu ermögliche

Auf der anderen Seite ist die Kleinlandwirtschaft g zwungen, durch Zusammenschluß auf eine Vergrößerun der Gesamtarbeitsfläche hinzuwirken, um durch Verring rung der Maschinenkosten je Flächeneinheit ihre Wirtschaf lichkeit zu steigern. [N 1888]

Hamburg Dipl.-Ing. W. Mau

[1]) Auszug aus der gleichnamigen, der Technischen Hochschule Braunschweig überreichten Dissertation des Verfassers. Die Arbeit liegt in der Bücherei der Hochschule Braunschweig zur Einsichtnahme aus.

Antrieb für Schiffshebewerke mittlerer Hubhöhe

Von Regierungsbaurat Dipl.-Ing. P. Vollmer und Dipl.-Ing. P. Vogelsang, Magdeburg

Für die Schiffshebewerke des Mittellandkanals bei Magdeburg wurde eine abgeänderte Art des Spindelantriebes vom Schwimmerhebewerk bei Henrichenburg in Aussicht genommen, die gewisse Nachteile der früheren Ausführung vermeiden soll.

Die Schiffshebewerke des Mittellandkanals bei Magdeburg sollen nach den bisher ausgeführten Vorarbeiten voraussichtlich als Schwimmerhebewerke ausgeführt werden. Daß die genaue Ausarbeitung der Entwürfe[1]) noch Änderungen bringen wird, die auch die Antriebsfrage wesentlich beeinflussen könnten, ist nicht wahrscheinlich.

Da die Hubhöhen unter 20 m betragen, lag es nahe, bei dem Entwurf der Antriebe von dem Spindelantrieb des Schiffshebewerkes Henrichenburg[2]) auszugehen. Hier wird der mit Wasser gefüllte Schiffstrog durch fünf Schwimmer in der Schwebe gehalten und bewegt sich in einem Führungsgerüst in lotrechter Richtung auf und ab. Die Hub- und Senkbewegungen werden durch vier Spindeln gesteuert, die drehbar in dem Führungsgerät gelagert sind und durch einen gemeinsamen Motor über eine Kreuzwellenleitung oben auf dem Gerüst gedreht werden. Das Hebewerk, das um die Jahrhundertwende erbaut wurde, ist bis heute im Betrieb und hat sich im allgemeinen sehr gut bewährt. Es bewältigt fast den gesamten Verkehr zwischen dem Dortmund-Ems-Kanal, dem Rhein-Herne-Kanal und Dortmund und wird von den Schiffern der Zeitersparnis wegen lieber benutzt als die 1910 daneben erbaute Schachtschleuse mit Sparbecken.

Das Hebewerk zeigt aber außer seinen großen Vorzügen zwei Nachteile, die sich im Laufe des Betriebes ergeben haben und die leicht dazu führen könnten, eine ähnliche Bauart bei neu zu errichtenden Hebewerken auszuschließen. Diese Nachteile sind:

1. die geringe Sicherheit gegen selbsttätiges Inbewegungsetzen aus der unteren Endstellung heraus, wenn sich der Trog durch außergewöhnliche Umstände entleert,
2. der schlechte Wirkungsgrad des Antriebs, der ein sehr genaues Anfahren und unter Umständen ein zeitraubendes Regulieren des Wasserstandes im Trog erfordert.

Der schlechte Wirkungsgrad übt allerdings nur geringen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit eines Hebewerks aus, da die Stromkosten im Vergleich zu den übrigen Kosten eines Hebewerks nur eine untergeordnete Rolle spielen. Durch Einbau eines stärkeren Antriebmotors, vielleicht schon durch Einbau einer Vorrichtung, die das Wassergewicht der austauchenden Schwimmeraufbauten ausgleicht, ließen sich die genannten Folgen des schlechten Wirkungsgrades in Henrichenburg beseitigen.

Im übrigen lassen die großen Vorteile der Henrichenburger Bauart es wünschenswert erscheinen, den Ursachen der obengenannten Nachteile nachzuforschen, zumal für die Hebewerke des Mittellandkanals bei den vorhandenen Hubhöhen, höchstens 17,67 m für Rothensee und [illegible],46 m für Hohenwarthe, ein Hebewerkantrieb mit Spindeln aus einem Stück anwendbar ist, wobei die Spindeln zugleich mit voller Sicherheit zum Abfangen der Troglast oder der Auftriebkraft in den Grenz-Lastzuständen dienen müssen.

Heute, nach über 30 Jahren, läßt sich kaum noch feststellen, welche Gesichtspunkte bei der Berechnung und Ausbildung des Spindelantriebs von Henrichenburg maßgebend waren. Man kann lediglich aus der Wahl des Spindelsteigungswinkels $\alpha = 7^\circ 40'$, $\mathrm{tg}\,\alpha = 0{,}135$, schließen, daß etwa folgender Gedankengang zugrunde gelegt wurde:

1. Je größer die Spindelsteigung wird, desto größer wird der Wirkungsgrad.
2. Die Spindelsteigung muß die Selbsthemmung des Antriebs gewährleisten, wenn die am Trog wirkenden Kräfte auf das Spindelgewinde drücken.
3. Die Selbsthemmung wird hervorgerufen durch die Reibung im Gewinde und im Spurlager.
4. Die Drücke in den Spurlagern und im Gewinde sind bei den größten vorkommenden Belastungen ungefähr gleich.
5. Der Reibungswinkel der Bewegung ϱ ist mit 3° anzunehmen.
6. Die Wirkungsgrade für die größten Belastungen errechnen sich nach den Formeln:

$$\eta_m = \frac{\mathrm{tg}\,\alpha}{\mathrm{tg}\,(\alpha+\varrho) + \varphi\,\mathrm{tg}\,\varrho} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$\eta_s = \frac{\mathrm{tg}\,(\alpha-\varrho) - \varphi\,\mathrm{tg}\,\varrho}{\mathrm{tg}\,\alpha} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2),$$

worin φ das Verhältnis des Spurlagerdurchmessers zum Gewindedurchmesser $\sim 1{,}6$, η_m der Wirkungsgrad bei Antrieb vom Motor und η_s der Wirkungsgrad bei Antrieb durch Druck auf das Gewinde ist.

Die zweite Bedingung schränkt die erste Bedingung ein und führt dazu, als zweckmäßigste Spindelsteigung eine solche zu nehmen, die bei Antrieb durch den Motor einen Wirkungsgrad η_m von etwa 0,5 und bei Antrieb durch Druck auf das Gewinde einen Wirkungsgrad η_s von $\lesseqgtr 0$ ergibt. Tatsächlich ergibt die Berechnung

$$\eta_m = \frac{0{,}1346}{0{,}1884 + 0{,}0823} = \sim 0{,}5$$

und

$$\eta_s = \frac{0{,}0815 - 0{,}0823}{0{,}1346} = \sim 0{,}0.$$

Die so errechneten Wirkungsgrade scheinen dann als unveränderlich bei jeder Belastung zugrunde gelegt zu sein. Wenn diese Annahme auch bei Spindeltrieben von Hebezeugen oder Drehbänken angenähert zutrifft, so ist die Annahme eines unveränderlichen Wirkungsgrades bei Spindelantrieben für Schiffshebewerke nicht richtig. Bei Anwendung von Spindeltrieben für Hebezeuge mit lotrechter Hubrichtung, wie z. B. Lokomotivhebeböcke, soll bei seltener Bewegung ein sicheres Halten großer Lasten in bestimmter Höhenlage erreicht werden. Dagegen soll bei einem Schiffshebewerk mit Gewichtausgleich der Spindeltrieb Widerstände, die im Verhältnis zu den Spindelabmessungen sehr klein sind, häufig überwinden, und nur beim Eintreten von Sonder-, Grenz- oder gar Unglücksfällen dient er dazu, die dann auftretenden großen Kräfte mit Sicherheit aufzunehmen. Während daher bei Lokomotivhebeböcken das Gewicht der Spindeln im Verhältnis zu den darauf ruhenden oder zu bewegenden Lasten verschwindend klein ist, sind bei einem Schiffshebewerk die normalerweise zu bewegenden Lasten klein gegen die Gewichte der Spindeln. Z. B. um eine Lokomotive von 50 t Leergewicht anzuheben, braucht man etwa vier Spindeln von je 8 cm Kerndurchmesser. Bei einer Spindellänge von 3 m beträgt das Spindelgewicht etwa 500 kg, d. i. 1 vH der Nutzlast. Der Druck in den Gewinden beträgt 50 t, der Druck in den Spurlagern mit Spindelgewicht beträgt 50,5 t. Man kann also rechnerisch die Drücke im Gewinde und im Spurlager gleichsetzen. Beim Hebewerk Henrichenburg wiegt eine Spindel etwa 10 t, alle vier Spindeln also etwa 40 t. Rechnet man mit einem betriebsmäßig zulässigen Wasserstandunterschied im Trog von rd. 2 cm, abweichend vom Wasserstand bei Gewichtsausgleich zwischen Troggewicht und Schwimmerauftrieb, so erhält man einen Kräfteunterschied von 12 t, der bei Überfüllung nach unten, bei Unterfüllung nach oben wirkt. Dementsprechend ist das Gewicht der Spindeln gleich oder größer als das 3,3fache der Nutzlast. Der Druck im Gewinde beträgt bei den obengenannten Grenzen des Betriebswasserstandes 12 t, der Druck in den Spurlagern beträgt bei Überfüllung 52 t, bei Unterfüllung 28 t.

Hieraus geht hervor, daß durch geringe Wasserstandschwankungen im Trog das Verhältnis ψ des Druckes im Spurlager zum Druck im Gewinde wesentlich beeinflußt

[1]) Zentralblatt der Bauverwaltung Jg. 48 (1928) S. 57, s. a. Ellerbeck, Entwurf für das Schiffshebewerk bei Niederfinow, Z. Bd. 71 (1927) S. 787. [2]) Z. Bd. 43 (1899) S. 946.

wird, daß also in den obengenannten Formeln (1) und (2) unbedingt dieses Verhältnis bei den einzelnen Wasserständen berücksichtigt werden muß. Die Formeln würden dann lauten:

$$\eta_m = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varrho) + \varphi \psi \operatorname{tg} \varrho} \quad \ldots \ldots (3)$$

und

$$\eta_s = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \varrho) - \varphi \psi \operatorname{tg} \varrho}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \ldots \ldots (4).$$

Hierbei kann ψ zwischen 0 und ∞ schwanken. Hat man vollkommenen Gewichtsausgleich zwischen Troglast und Schwimmerauftrieb, so ist der Druck im Gewinde 0 und damit $\psi = \infty$. Überwiegt der Auftrieb der Schwimmer die Troglast um das Gewicht der vier Spindeln, so wird der Druck im Spurlager 0 und damit $\psi = 0$. Die η-Werte haben bei $\psi = 0$ einen Höchstwert.

Ist $\alpha > \varrho$, so wird bei $\psi \sim 0$ auch $\eta_s \gtrless 0$, und damit liegt die Möglichkeit vor, daß der Trog sich selbsttätig in Bewegung setzt. Gefährlich ist dieser Umstand nur dann, wenn bei Trogentleerung $\psi = 0$ erreicht wird, denn der Trog wird, wenn das Personal das Hebewerk bei Betriebschluß verläßt, in seiner unteren Endstellung in Ruhe gesetzt, um die große Windfläche des Troges möglichst in der Trogkammer dem Angriff eines Sturmes zu entziehen und dadurch das Gerüst zu entlasten. Tritt dann im Laufe der Betriebspause durch Undichtwerden der Trogtore eine teilweise Entleerung des Troges ein, dann setzt sich der Trog nach oben in Bewegung, wie es in Henrichenburg dreimal der Fall war. Man war daher gezwungen, das Triebwerk durch eine nachträglich eingebaute Bremse zu sichern.

Tritt dagegen der Fall $\psi = 0$ bei Überfüllung des Troges ein, so liegt keine Gefahr vor, denn es ist nicht so leicht möglich, daß der Wasserstand im Trog sich von selbst hebt. Wenn aber wirklich dieser Fall durch Undichtwerden der oberen Haltungstore eintritt, dann kann der Trog wohl kaum in eine gefährliche Lage geraten. Ist er außer Betrieb gesetzt, so kann er sich nur noch um ein geringes Maß senken, und noch im Betrieb kann der Führer durch Gegenstromgeben den Trog ohne zu große Geschwindigkeit unten aufsetzen.

Die Nachteile der Bauweise von Henrichenburg lassen sich vermeiden, indem man nicht die Spindeln, sondern die Muttern drehbar macht. Dann ist bei vollkommenem Gewichtausgleich der Druck im Gewinde 0, der Druck im Spurlager gleich dem Gewichte der Muttern. Gibt man dann der Troglast so viel Übergewicht über den Schwimmerauftrieb[3]), wie das Gewicht der Muttern beträgt, dann ist der Druck im Gewinde gleich dem Gewichte der Muttern und der Druck im Spurlager 0, mithin $\psi = 0$. Dementsprechend tritt also $\eta_{s_{max}}$ bei Überfüllung des Troges ein. Damit ist aber der eingangs erwähnte Fehler 1 vermieden, und zwar auch ohne Anwendung einer Bremse und ohne Anwendung von Konstruktionen, die bei Überschreitung des Betriebswasserstandes durch sinnreiche Vorrichtungen die Reibung in den Spurlagern vermehren wollen (s. DRP 422 565).

Als weiterer Sicherheitsfaktor tritt bei Anwendung der drehbaren Muttern noch folgendes hinzu. Für die zu errichtenden Hebewerke des Mittellandkanals wurden bisher folgende Werte ermittelt: Das Gewicht der Muttern beträgt etwa 2,5 t je Stück, das Gewicht aller Muttern also 10 t. Der Fahrwiderstand beträgt ebenfalls $\sim$ 10 t. Somit entspricht dem Fall $\psi = 0$ ein Lastüberschuß von 10 t. Also selbst bei Vernachlässigung des Wirkungsgrades η_s wird dem Fahrbestreben des Troges, das sich aus einem etwaigen Lastüberschuß ergeben würde, ein gleich großer Fahrwiderstand entgegengesetzt. Das ganze System ist also selbsthemmend.

Nach den Ansichten im Hebezeugbau und Werkzeugmaschinenbau hat ein Spindeltrieb mit drehbarer Spindel einen besseren Wirkungsgrad als ein Spindeltrieb mit drehbarer Mutter. Dieser in den Handbüchern vertretene Konstruktionsgrundsatz ist darauf zurückzuführen, daß im allgemeinen Spindeln auf Druck bzw. Knickung beansprucht werden. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, den Kopf der Spindel als Spurlager auszunutzen, wodurch der Wert φ kleiner als 1 und der Wirkungsgrad besser als bei drehbarer Mutter wird, wo φ größer als 1 sein muß. Bei Schiffshebewerken dürfen die Spindeln nur auf Zug beansprucht werden. Infolgedessen müssen die Spurlager in jedem Falle einen mittleren Durchmesser erhalten, der größer ist, als der mittlere Gewindedurchmesser. Der Wert φ vergrößert sich bei Anwendung drehbarer Muttern nur von etwa 1,6 auf 1,75, also um etwa 9,1 vH.

Der Wirkungsgrad verringert sich im Mittel etwa um 4 vH, eine Verschlechterung, die kaum in Betracht kommt. Für die einzelnen gleichen Werte von ψ steht ihr aber eine wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades für die im Betriebe vorkommenden Spindelbelastungen gegenüber, Abb. 1 und 2. Je kleiner nämlich das Gewicht der drehbaren Teile des Spindeltriebs ist, um so schneller nähert sich ψ dem Wert 1, und um so schneller wächst daher der Wirkungsgrad η_m. Ebenfalls liegt der Wert $\eta_{m_{max}}$ bei drehbarer Mutter innerhalb der im Betrieb zulässigen Wasserstandschwankungen, während bei drehbarer Spindel dieser Wert außerhalb der Betriebsbelastungen liegt. Die Kurven der Abbildungen wurden rechnungsmäßig für die Verhältnisse der bei Magdeburg zu errichtenden Hebewerke gefunden nach den Formeln (3 und 4).

Wie groß allein bei drehbarer Spindel die Leerlaufverluste werden, d. h. wenn kein Druck im Gewinde entsteht, zeigt ebenfalls das Hebewerk Henrichenburg. Dort beträgt der Leerlaufverlust, durch Versuche und Berechnungen ermittelt, 65 PS, oder 43,3 vH der normalen Motorleistung. Hiervon dürften die Spindel-Spurlager rd. 38,5 PS verbrauchen. Der Rest von etwa 26,5 PS ist notwendig, um die Spindelwinde zu drehen. Sind nun die Spurlager weniger belastet, z. B. beträgt die Last bei Anwendung drehbarer Muttern nur etwa ein Achtel derjenigen bei drehbarer Spindel, so läßt sich der Anteil der Spurlager unter Berücksichtigung des größeren Lagerdurchmessers vermindern auf den siebenten Teil der obigen Leistung, d. h. auf 5.5 PS.

Der Leerlaufverlust der Winden ist in Henrichenburg so groß, weil ein Motor mit geringer Drehzahl eingebaut ist, so daß die Durchmesser der langen Welle

Abb. 1 und 2 Wirkungsgrade bei Bergfahrt (oben) und Talfahrt (unten).

[3]) Da kein grundsätzlicher Unterschied zwischen Schwimmer- und Gegengewichthebewerken in diesem Zusammenhange besteht, wird für diesen Aufsatz ein nach der Art des Hebewerkes Henrichenburg gebautes Hebewerk angenommen, um so mehr, als — wie oben angegeben — die Hebewerke des Mittellandkanals voraussichtlich als Schwimmerhebewerke gebaut werden.

Abb. 3 und 4
Schnitte durch das Zweischwimmer-Hebewerk.

:oß sind. Geht man dazu über, einen Motor mit hoher rehzahl einzubauen, dann würde dieser Verlust sich otz der notwendigen Übersetzungsgetriebe erheblich ·rringern lassen. Noch kleiner würde der Leerlauf- ›darf der Winden werden, wenn man durch Anwendung ·r Synchronschaltung, die zur Erzielung des Gleich- ufs verschieden belasteter Motoren von den größeren lektrizitätsfirmen ausgeführt wird, auf die sonst not- endigen langen Wellenverbindungen der Winden ver- chten kann. Auch lassen sich bei Anwendung der Syn- ‹ronschaltung Motoren mit stehender Welle anordnen, so ιß jede Kegelradübersetzung in Fortfall kommt.

Welche Gründe dazu geführt haben, bei dem Hebe- ·erk Henrichenburg drehbare Spindeln anzuwenden, ob ‹e obengenannte bedingt richtige Ansicht von dem bes- :ren Wirkungsgrad drehbarer Spindeln oder die kon- :ruktiven Schwierigkeiten drehbarer Muttern, oder beide ·ründe zusammen, läßt sich heute wohl kaum noch fest- :ellen, jedenfalls macht die Anwendung drehbarer Mut- ŧrn bei allen bisherigen Hebewerkformen mit Spindel- :trieb konstruktive Unbequemlichkeiten. Durch die ·oßen Abmessungen des Troges sind Verlagerungen der uttern zum Trog, hervorgerufen durch verschiedene 'emperaturen der Trog- und der Gerüstkonstruktion, ıvermeidlich, und zwar müssen die Muttern verschieb- ır gemacht werden, da sich die langen Spindeln wohl ıum betriebsicher parallel verschiebbar anbringen lassen. Bei drehbarer Mutter taucht dann die Aufgabe auf, die allseitig beweglichen Muttern von einem fest auf dem Troggerüst angebrachten Motor aus antreiben zu lassen.

Diese Aufgabe läßt sich theoretisch auf verschiedene Weise lösen, aber fast alle Lösungen sind praktisch schwer anwendbar, teils aus Gründen der Betriebsicherheit, teils aus Platzmangel. Die Untersuchungen der Verfasser des oben genannten Aufsatzes[4]) führten zu dem dort beschriebenen Zweischwimmerhebewerk, bei dem die beiden Führungsrahmen für sich geführt und der Trog in den Rahmen statisch bestimmt wie eine einfache Balkenbrücke gelagert ist, Abb. 3 und 4. Grundsätzlich läßt sich das System ebenfalls auf ein Gegengewichtshebewerk übertragen. Damit war aus der allseitig beweglichen Mutter eine in einer Richtung beweglich gelagerte Mutter geworden. Die Kraftübertragung vom Motor auf die Spindelmutter wird dadurch erheblich einfacher und betriebsicherer.

Ein nach den vorliegenden Grundsätzen gegenüber Henrichenburg abgeänderter Antrieb von Schiffshebewerken scheint daher einfach, betriebsicher und wirtschaftlich für Schiffshebewerke mit Hubhöhen, die die Anwendung ungeteilter Spindeln gestatten. Er ist deshalb für die Hebewerke des Mittellandkanals in Aussicht genommen. [B 1398]

[4]) Zentralblatt der Bauverwaltung Jg. 48 (1928) S. 57.

Das Geschütz im Mittelalter

Zur Einführung in das Werk von Bernhard Rathgen[1])

Mit dem römischen Geschützsystem lebten auch die ·ömischen Spannkraftgeschütze, die zweiarmigen Katapulte ıd die einarmigen Onager weiter fort; sie dienten zur 'erteidigung der Mauern und zum Schießen von Feuer. ı diesen Flachbahngeschützen kamen um das Jahr 1200 ‹e Bliden, die gewissermaßen ein Steilfeuer ermöglichten; ‹e bestanden aus einem ungleicharmigen Hebel; an dem ürzeren Arm hing als Gegengewicht ein Kasten, der mit teinen und Erde beschwert war, während der etwa fünf- ıal längere Schleuderarm die Schleudertasche trug. Mit ·egengewichten von 25 t und mehr schleuderte man bis ·wa 1600 kg schwere Steine über 500 m weit. Durch Ab- ·iegen der Steine ließ sich die Wurfweite vorausberechnen ıd so genau schießen, daß man „einen Nagel treffen ›nnte". Die Schußzahl der Bliden war hoch. Man konnte ·glich 40 Würfe machen, während ein Pulvergeschütz es ›um auf 10 Schüsse brachte. Bei großen Bliden erleichterten Treträder das Herunterwinden des Schleuderarms. Der Bau dieser mächtigen Wurfmaschinen erforderte wegen der auftretenden Erschütterungen große Erfahrung. Besondere Schwierigkeit machte die sichere und reibungslose Lagerung der Drehzapfen. Zu welchen kühnen Lösungen man in ähnlichen Fällen schritt, zeigt ein Glockenstuhl im Freiburger Münster mit einer Lagerung der Glockenachsen zwischen drei schwingenden Kreissegmenten, die ein Wälzlager bilden. Um das Jahr 1800 wurde noch die große Baseler Blide von 1445 im dortigen Zeughaus aufbewahrt. Vor dreißig Jahren fand man unter dem Dache der Kirche in Liebemühl (Ostpreußen) eine Blide, aber durch Unverstand wurde diese vernichtet.

Gegenüber dieser hochentwickelten mechanischen Artillerie war es der Pulverwaffe nicht leicht, Fuß zu fassen. Die welterschütternde Erfindung der Pulvergeschütze hat, wie so viele große Erfindungen, einen recht bescheidenen Anfang gehabt; ihre Wiege stand auf deutschem Boden, wahrscheinlich am Mittel- oder Oberrhein. Als Zeit der Erfindung kann man die Jahre zwischen 1220 und 1230 angeben.

Die ersten Pulverwaffen waren kleine Handrohre, die nach Art der Armbrust Pfeile schossen. Erst als man die Pfeile durch Kugeln ersetzte, entstand eine Waffe, die an Durchschlagkraft, wenn auch nicht an Schußzahl, der Armbrust überlegen war. Bei der Mauerverteidigung boten die Pulverrohre den Vorteil, daß sie kleinere Schießscharten

[1]) Das Geschütz im Mittelalter. Quellenkritische Untersuchungen ›n Generalleutnant a. D. Dr. phil. h. c. Bernhard Rathgen. Berlin 17, VDI-Verlag. 718 S. 14 T. m. 56 Abb., 2 Bildnissen u. 1 Übersichts- ›ln. Preis 50 RM, für Mitglieder des V. d. I. 45 RM. Da eine Besprechung ›n Rathgens Meisterwerk in dieser Zeitschrift kaum nötig ist, geben ·r hier eine kurze Auslese aus seinem reichen Inhalt.

Die Schriftleitung.

erforderten als die Armbrüste und die noch unhandlicheren Bogen. Der Deutsche Orden richtete, in der Kriegstechnik stets auf dem laufenden, seine von 1397 bis 1403 gebaute Burg Bütow von vornherein für die Verteidigung mit Pulverrohren ein. Unter den großen Städten ging Frankfurt in der Ausrüstung seiner Wehren mit Pulverrohren voran und führte ein einheitliches Modell für die Bewaffnung der Bürger ein. Nur wenige alte Handfeuerwaffen sind erhalten. Auf der 1399 zerstörten Burg Tannenberg an der Bergstraße hat man zwei bronzene Rohre gefunden, die bereits eiserne Ladestöcke haben. Frankfurt hatte schon 1348 gegossene Pulverrohre.

Der Fortschritt vom kleinen Handrohr zum Breschegeschütz erfolgte nicht durch eine einfache Vergrößerung der Abmessungen; denn der weite Pulverraum hätte dem Gasdruck nicht standgehalten. So kam man um 1370 auf die Steinbüchsen. Diese bestanden aus einer engen, starkwandigen, also druckfesten Pulverkammer und aus einem weiten, zur Aufnahme der Kugel bestimmten „Fluge", der anfänglich nur ein Kaliber lang war. Anscheinend sind die Steinbüchsen zuerst überall aus daubenförmigen Eisenstäben mit umgelegten Ringen geschmiedet worden. Eine größere Zahl solcher geschmiedeter Steinbüchsen ist erhalten, z. B. der steirische Riesenmörser im Arsenal zu Wien (Gewicht rd. 10 000 kg, Kaliber 88 cm) und die „Tolle Grete" in Gent (Gewicht 16 400 kg, Kaliber 64 cm).

Die deutschen Gießermeister wagten schon früh, die Steinbüchsen aus Bronze zu gießen. Als Vorbild für die Anfertigung des Modells, die Anordnung beim Guß und das Schmelzen des Metalls diente der Glockenguß. Die Meister und ihre Auftraggeber überboten sich in der Größe der Büchsen. Im Jahre 1411 goß Henning Bussenschutte für die Stadt Braunschweig die „Faule Mette" von 8750 kg Gewicht (Kaliber 67 cm). Der Deutsche Orden ließ 1408 eine gewaltige Büchse gießen, für die 283 Zentner Metall verbraucht wurden. Die Büchse wurde zur Erleichterung des Transports in zwei Stücken hergestellt, die durch ein riesiges gegossenes Schraubengewinde miteinander verbunden wurden. Im Jahre 1447 goß Antoine Richier aus Metz in Luxemburg für den Herzog von Burgund eine zweiteilige Steinbüchse im Gesamtgewicht von 23 500 kg. Antoine Richier ist als Gießer einer großen Glocke der Metzer Kathedrale bekannt. Auch die Namen andrer großer Geschützgießer finden sich auf Kirchenglocken. Leider sind bronzene Steinbüchsen der älteren Zeit nicht erhalten.

Die Steinbüchsen vernichteten das Rittertum. Zwar trotzte noch manchmal ein entschlossener Burgherr auf seinem Felsenhorst Kaiser und Reich. Vor Hattstein sprang 1393 die große Büchse der Frankfurter, und das Landfriedensaufgebot zog ruhmlos ab. Die in der Ebene liegende Burg Vellexon wurde 1409/10 von 30 Mann vier Monate lang gegen ganz Burgund verteidigt; riesige Bliden und Geschütze wurden von allen Seiten herbeigeschafft, eine vor der Burg liegende große Reparaturwerkstatt und Gießerei sorgte dauernd für die Wiederherstellung der beschädigten und zersprungenen Geschütze. Schließlich führte das alte Mittel des Untergrabens der Mauern zum Ziel. Die Hussiten beschossen 1422 vergeblich die berühmte Burg Karlstein mit Bliden und Steinbüchsen. Selbst der „chemische Krieg", das Werfen von Kot, Aas und Arsenik, nutzte nichts.

Aber diesen Mißerfolgen stehen viele Erfolge gegenüber. Die Steinbüchsen schossen, auf Balken fest gelagert, auf 500 bis 1000 m Entfernung recht sicher. Ruhig setzte der Büchsenmeister zwei Meter über dem Erdboden in wagerechter Reihe Schuß neben Schuß und zog dann an den Enden des Schlitzes die Schußlinien nach oben, so daß ein ganzes Feld der Mauer herausfiel und damit die Burg sturmreif war. Galgen und Rad erwarteten die tapferen Verteidiger. Das Vorhandensein einer großen Büchse genügte oft schon, um Raub und Missetaten zu verhüten. Das bekannteste Beispiel der Wirkung der Steinbüchsen ist die Eroberung der Mark Brandenburg im Jahre 1414 durch den ersten Hohenzollern mit Hilfe der „Faulen Grete". Nur zwölf Tage lag der Kurfürst vor Plaue, der Hauptburg der Quitzows. In wenigen Wochen war das ganze Land in seiner Gewalt. Die „Faule Grete" hatte der Deutsche Orden dem Kurfürsten zur Verfügung gestellt.

Während die deutschen Fürsten im Gegensatz zu den Städten damals noch kein ausgebildetes Geschützwesen besaßen, hatte der Deutsche Orden als Militärstaat schon früh eine starke Artillerie und eine eigene Gießerei in der Marienburg. Noch großartiger entwickelte sich, deutschen Vorbildern folgend, das Artilleriewesen Burgunds. Hier findet sich infolge des Einflusses der Stände auf die Regierung eine scharfe Kontrolle der Ausgaben durch eine Rechnungskammer, die mit der Genauigkeit der Potsdamer Oberrec[h]nungskammer arbeitete. Die großen Anschaffungen rief[en] einen umfangreichen Handel mit Geschützen und Muniti[on] ins Leben. Besonders häufig kommt der Name des Jeha[n] Cambrier zu Mons und Tournay vor, mit dem beispielswei[se] im April 1445 über die Lieferung von Steinbüchsen un[d] anderen Pulverwaffen im Gesamtgewicht von 159 t abge[rechnet] wurde.

Die Steinbüchsen waren Flachbahngeschütze, trotz ihr[er] den späteren Mörsern ähnlichen Form. Größere Erhöhu[n]gen wurden den Rohren nur gegeben, um sehr weit z[u] schießen. Die Engländer beschossen auf diese Weise di[e] Inselfestung Mont St. Michel auf 3000 m Entfernung. A[ls] Feldgeschütze waren diese „Legestücke" unbrauchbar. D[ie] Hussiten führten nun mit ihren Wagenburgen eine ne[ue] Kampfart ein. Langrohrgeschütze leichten Kalibers, di[e] Bleikugeln oder mit Blei umgossene Eisenkugeln schosse[n,] kamen auf. Deutsche Büchsenmeister erfanden das Rich[t]horn, das fälschlich „Burgunderlafette" genannt wird, un[d] schufen mit dem Hinterlader, dem „Vögler", das ers[te] Schnellfeuergeschütz.

Die weitere Verlängerung der Rohre führte zu[m] Schlangengeschütz. Die gußeisernen Kugeln, die schon se[it] Anfang des 15. Jahrhunderts bekannt waren, aber wege[n] ihrer Härte keine Verbreitung gefunden hatten, wurde[n] verbessert. Man wagte, die Rohre auf Schildzapfen, di[e] zuerst auf einer am Rohr befestigten Wiege angebrac[ht] und dann an das Rohr angegossen wurden, drehbar z[u] lagern, und damit war das Geschütz geschaffen, das zu[r] Bildung von Einheitsstaaten führte und mit dem Karl V sich seine Weltmachtstellung schuf.

Besonderes Interesse verdienen die Männer, die im La[uf] eines Jahrhunderts die Pulverwaffe vom kleinen Handroh[r] zum Riesengeschütz und zur Grundlage fürstlicher Mach[t] entwickelt haben. Die Büchsenmeister mußten die Ge[]schütze herstellen, das Pulver und die Kriegsfeuer bereite[n] und die Geschütze bedienen können. Sie rekrutierten sich ähnlich den Photographen, Chauffeuren, Fliegern zur Ze[it] des Aufkommens dieser Berufe, aus unternehmenden An[]gehörigen verwandter Gewerbe, wie der Gießer, Schmied[e,] Zimmerleute. Eine geschlossene Zunft bildeten sie nich[t,] aber sie besaßen in ihrem „Feuerwerksbuch" ein gemein[]sames Lehrbuch und wußten sich besondere Vorrechte z[u] sichern. Die Büchsenmeister wurden von den Städten un[d] Herren eifrig umworben; einen guten Mann ließ man un[]gern ziehen. Manche entstammten adligem Geschlecht od[er] wurden mit adligen Dienern in eine Reihe gestellt. Sto[lz] führten sie das Geschütz in ihrem Siegel. Die meisten vo[n] ihnen hatten die Welt gesehen. Einzelne, wie der Besitze[r] des mittelalterlichen Hausbuches und der Italiener Biri[n]guccio, hatten eine sehr hohe Allgemeinbildung. Di[e] Büchsenmeister waren also Ingenieure, deren Nachfolge[r] zu sein wir uns nicht zu schämen brauchen. [N 1682]

Völklingen a. d. Saar Otto Johannsen

Laboratorium für Holzuntersuchung

Das Forest Products Research Laboratory des Depar[t]ment of Scientific and Industrial Research in Princes Ri[s]borough, Buckinghamshire, erstreckt seine Tätigkeit nic[ht] nur auf die reine mechanische Prüfung des Holzes, sonder[n] bearbeitet auch alle mit dem Holz zusammenhängende[n] Fragen. Die Anlage besteht aus einem Sägewerk, den La[]boratorien und den Verwaltungsgebäuden und hat r[d] 1,7 Mill *RM* gekostet.

Das Sägewerk hat ein Hochleistungs-Vollgatter, ein[e] Bandsäge, verschiedene Kreissägen neuester Bauart mit Ein[]zelantrieb. In einer Schreinerei werden die Bearbeitungs[]eigenschaften der verschiedenen Hölzer, der Einfluß vo[n] Lagerung, Schlagzeit, Standort u. a. untersucht. Das Labo[]ratorium zur Prüfung der Festigkeitseigenschaften enthä[lt] eine Reihe Sondermaschinen, die jede einer bestimmte[n] Prüfweise entsprechen. Ferner ist ein Raum zur Bestim[]mung der Feuchtigkeit des Holzes vorhanden und da[s] geeignete Trocknen des Holzes wird untersucht.

Größere Aufmerksamkeit wird auch der Frage des La[]gerns von Holz und der Holztränkung geschenkt. In Ver[]suchsanlagen für Holzkohlenherstellung werden die Holz[]abfälle verwendet. Eine besondere pathologische Abteilung, die mit dem Imperial Forestry Institute in Oxford zusammen[]arbeitet, befaßt sich mit der Frage der Bekämpfung der Holz[]schädlinge. („The Engineer" 3. August 1928 S. 115/16*.) [N 1922] Schr.

RUNDSCHAU

Fachtagungen

Hauptversammlung des Deutschen Kältevereins

In der Zeit vom 22. bis 24. Juni 1928 fand in Danzig e ordentliche Hauptversammlung des Deutschen Kälte-'reins statt. Über 100 Vertreter dieses Fachgebietes hatten ch in der alten Hansastadt zusammengefunden, deren ındervolle Bauten von großer deutscher Vergangenheit zählen und jeden Deutschen mahnen, mitzuhelfen an der haltung dieses Eckpfeilers deutscher Kultur im Osten. n historischen Artushof bot der Senat der Freien Stadt dem ilteverein einen Begrüßungsabend. Ein Vortrag über Danzig, an den sich eine Führung durch die Stadt anschloß, hrten nach der Marienburg und den Seebädern der Danziger Bucht gaben den Teilnehmern eindrucksvolle Bilder aus rgangenheit und Gegenwart des deutschen Ostens.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen eröffnete Prof. I. Henning, Berlin, mit einem Vortrag über

Temperaturmessung zwischen 20° und 80° abs.

Ir Vortragende behandelte Versuche, die von ihm in der ysikalisch-Technischen Reichsanstalt durchgeführt wurdı. Besondere Schwierigkeiten macht in diesem Temperatbereich die Konstruktion eines geeigneten Thermostaten. wurde ein Metallthermostat benutzt, der aus einem zylindschen Aluminiumblock mit Bohrungen für die zu vergichenden Thermometer bestand. Der Block ist zur Wärmeislierung von einem weitgehend ausgepumpten Hohlraum m polierten Wänden umgeben. Das Ganze wird dann in ei mit flüssigem Wasserstoff gefülltes Vakuummantelgefäß gtellt. Der Aluminiumblock kann durch elektrische Heizwklungen, die Mantel- und Deckelflächen des Blockes bedeken, auf beliebige Temperaturen zwischen dem Siedepkt des Wasserstoffes und etwa 80° abs. eingestellt werdı. Er enthält in der Mitte eine große Bohrung zur Aufname eines Gasthermometers mit Heliumfüllung, dessen Dck als Maß für die Temperatur dient. Mit diesem Heliumthermometer wurden Platinwiderstandsthermometer, die in klinere Bohrungen des Blockes eintauchen, verglichen.

In dem genannten Temperaturbereich wurden fünf Ftpunkte bestimmt, und es wurde versucht, die Platinwerstandsthermometer mit Hilfe empirischer Funktionen n diese Festpunkte anzuschließen in ähnlicher Weise, wie esfür höhere Temperaturen im deutschen Gesetz über die Tnperaturskala festgesetzt ist. Die Abhängigkeit des Plinwiderstandes von der Temperatur wird in diesem Bereh durch eine Kurve mit einem Wendepunkt wiedergegeen. Keine der benutzten Funktionen stellt aber die Verswe mit genügender Genauigkeit dar, so daß man sich väufig mit einer Zahlentafel begnügen muß. Es wurden merere Platinwiderstandsthermometer untersucht und mit Msungen des Leidener Kälteinstitutes verglichen. Die emdenen kleinen Abweichungen sind wahrscheinlich auf dıgeringere Reinheit des in Leiden benutzten Platins zuzuführen.

Bewundernswert ist die hohe Genauigkeit der Versuche, dıauch im Bereiche des flüssigen Wasserstoffes noch etwa $^1/_{10}$° beträgt. Die Arbeit ist als wichtige Grundlage für Vesuche bei sehr tiefen Temperaturen anzusehen, die für dıtheoretische Wärmelehre von höchster Wichtigkeit sind.

Prof. Dr.-Ing. E. Schmidt, Danzig, berichtete von

ersuchen über den Wärmeübergang in ruhender Luft.

Aı dem Abschmelzvorgang von Eisblöcken läßt sich die Wmeübergangzahl an jeder Stelle des Blockes aus der dlich abschmelzenden Schichtdicke ermitteln. Für die Veuche wurden schmale Eisblöcke von blasenfreiem Eis beıtzt, deren Umriß durch Projektion auf ein photographiscts Papier ermittelt wurde. An der Oberkante einer solche abschmelzenden Eisplatte bildet sich eine ziemlich schrfe Schneide aus, die ihre Form im weiteren Verlauf desVorganges nicht mehr ändert. An der oberen Kante ercht die Wärmeübergangzahl einen Höchstwert von 28 al/m²h °C, der mit der Entfernung von der Blockkante zurchst schnell und dann langsamer bis auf etwa 3 abnimt. Man kann die Wärmeabgabe von beliebig gestalteten Köern untersuchen, wenn man sie in Eis nachbildet. Für dieBestimmung der mittleren Wärmeübergangzahl genügt sch die einfache Wägung oder die Messung der Schmelzwaermenge.

Weiter wurde das Temperatur- und Geschwindigkeitsfekin der Nähe einer wärmeabgebenden Oberfläche ausgemesen. Die Temperatur wurde mit dünnen Thermoelementen gemessen. Zur Geschwindigkeitsmessung diente ein einer Glasfaden, der sich in der Strömung elastisch durchbieg und dessen Ausschlag mit einem Mikroskop bestimmt wird. Dieses neue Verfahren erlaubt die Messung von Luftgeschwindigkeiten zwischen 0 und 50 cm/s mit einer Genauigkeit von wenigen mm/s.

Für manche Anwendungen, z. B. bei Rippenrohren, ist es wichtig, den Einfluß des Abstandes auf die Wärmeabgabe von senkrechten Platten zu kennen. Versuche an blanken Messingplatten von 25 × 25 cm² Größe zeigten, daß eine merkliche Beeinflussung bei 15 mm Abstand beginnt. Bei weiterer Verminderung des Abstandes bis auf etwa 5 mm nimmt die Wärmeabgabe stark ab und ist bei 3 mm schon nahezu auf null gesunken.

Weiter wurden Versuchsergebnisse über den Wärmedurchgang durch Luftschichten, deren Begrenzungsflächen auf verschiedener Temperatur gehalten werden, mitgeteilt, bei denen die gesamte übertragene Wärmemenge in Leitungs-, Konvektions- und Strahlungsanteile zerlegt wurde. Es zeigt sich, daß der Strahlungsanteil nur bei blanken Metalloberflächen klein genug ist, um solche Luftschichten zur Isolierung benutzen zu können.

Reg.-Rat Dr. Otto, Charlottenburg, teilte Versuche mit über

die Kompressibilität der Gase, insbesondere bei tiefen Temperaturen.

Nach einem kurzen Überblick über das allgemeine Verhalten der wirklichen Gase im Gegensatz zu den Forderungen des idealen Gasgesetzes wurden die Versuchsanordnungen beschrieben, die im Leidener Kältelaboratorium und in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg zur Messung der Isothermen (*pv*-Werte) im Gebiet tiefer Temperaturen angewendet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die sich hauptsächlich auf die sogenannten permanenten Gase Helium, Wasserstoff, Neon, Stickstoff und Argon im Temperaturgebiet von + 400° bis teilweise — 258° beziehen, wurden mitgeteilt und mit der van der Waalsschen und andern Zustandsgleichungen verglichen. An der Hand mehrerer Diagramme wurde gezeigt, daß keine der bisher vorgeschlagenen Zustandsgleichungen die Versuchswerte mit genügender Genauigkeit wiedergibt, so daß man vorläufig darauf angewiesen ist, sich mit empirischen, jeweils nur für ein beschränktes Gebiet gültigen Darstellungen zu begnügen.

Fabrikbesitzer W. Rohrbeck, Berlin, gab in seinem Vortrag:

Die Bedeutung der deutschen Eisindustrie

einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung und den augenblicklichen Umfang der deutschen Eisindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Verhältnisse. Die Jahresleistung der deutschen Eisfabriken (ohne Berücksichtigung der Kälteanlagen z. B. von Brauereien, die nur für den eigenen Bedarf arbeiten) beträgt 21 Mill. Zentner. Die höchste Tagesleistung beträgt 220 000 Zentner, davon 40 000 Zentner allein in Berlin. Die Ausbaumöglichkeiten der deutschen Eisindustrie in Deutschland zeigt ein Vergleich mit den Vereinigten Staaten, die eine Jahresleistung von 1,1 Milliarden Zentner, also das 50fache des deutschen Verbrauches, aufweisen. New York allein verbraucht täglich bis 680 000 Zentner, also dreimal so viel wie das ganze Deutsche Reich.

Dipl.-Ing. H. Gsell, Berlin, trug über

Kälteversorgung und -verbrauch in Brauereien

vor und teilte Betriebserfahrungen an Kühlanlagen mit, die für den Brauereifachmann besonders wichtig sind. Er gab einen Überblick über die Verwendung der Kälte in den verschiedenen Abschnitten der Bierherstellung. Die bisher meist übliche Berechnung des Kältebedarfs von Lagerkellern nach dem Rauminhalt genügt heute nicht mehr, da die zunehmende Größe und bessere Raumausnutzung neuerer Anlagen den Anteil der Flüssigkeitskühlung im Vergleich zur Wärmeeinströmung durch die Wände wesentlich erhöht hat.

Geh.-Rat Prof. Dr.-Ing. H. Lorenz, Danzig, behandelte in seinem Vortrag

Rohrwiderstand und Wärmeübergang[1])

eigene theoretische Untersuchungen. Der theoretischen Hydrodynamik ist es bisher nicht gelungen, den turbulenten Strömungsvorgang in Rohrleitungen zu klären. Der Vortragende ersetzt die bei turbulenter Bewegung in Rohren auftretende verwickelte Geschwindigkeitsverteilung durch einen turbulenten Kern gleichbleibender mittlerer Geschwindigkeit, an den sich Randzonen mit starkem Geschwindigkeitsgefälle anschließen, und erhält so verhältnismäßig einfache Formeln, aus denen sich der Druckabfall bei turbulenter Strömung mit einer für alle praktischen Fälle ausreichenden Genauigkeit berechnen läßt. Es gelingt unter

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1071.

gewissen Annahmen über die Art der entstehenden Wirbel sogar, den Wert der kritischen Reynoldsschen Zahl theoretisch abzuleiten. Aus den Formeln für den Druckabfall kann auf Grund der Analogien zwischen der Übertragung von Bewegungsgröße und von Wärme in turbulenten Strömungen auch die Wärmeübergangzahl ermittelt werden.

Die Überlegungen gelten für Strömungen, in denen der Anteil der Turbulenz am Druckabfall und an der Wärmeübertragung den Anteil der Wandreibung und der Wärmeleitung in der Randzone stark übersteigt oder mit andern Worten: es ist dabei vorausgesetzt, daß das Randgebiet, in dem die Geschwindigkeit bis auf null sinkt, von geringer Ausdehnung ist gegen den turbulenten Kern der Strömung mit gleichmäßiger mittlerer Geschwindigkeit.

Über die Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung in der Strömung kann die Theorie natürlich nichts aussagen, da sie von einer vereinfachten Annahme gerade über diese Verteilungen ausgeht; sie erhebt nicht den Anspruch, das Turbulenzproblem vollständig zu lösen, bietet aber dem Ingenieur ein einfaches und brauchbares Hilfsmittel für seine Berechnungen.

Prof. Dr.-Ing. R. Plank, Karlsruhe, gab in seinem Vortrage

aus der amerikanischen Kältetechnik

beachtenswerte Einblicke in die amerikanische Kälteindustrie auf Grund seiner Studienreise[2]). In Amerika spielt die Kälteindustrie eine erheblich größere Rolle als in den europäischen Ländern wegen des wärmeren Klimas und der großen räumlichen Trennung der Verbrauchs- und Erzeugungsgebiete für Lebensmittel. Die Eisindustrie steht in Amerika an neunter Stelle; die gesamte Kälteindustrie etwa an sechster oder siebenter Stelle unter den großen Industrieen des Landes. Es gab 1926 in Amerika 6362 Eisfabriken gegen 160 in Deutschland. Die Eiserzeugung betrug 56 Mill. t jährlich gegen etwa 1 Mill. t in Deutschland, die Zahl der Arbeiter 200 000 gegen 7000 in Deutschland.

Es werden dann an der Hand von Lichtbildern wichtige Sonderfragen behandelt. Mit der Drehzahl der Kompressoren ist man in der letzten Zeit in Amerika wieder heruntergegangen, da die Elektrotechnik langsam laufende elektrische Maschinen entwickelt hat. Die unmittelbare Kopplung der elektrischen Maschinen mit den Kompressoren vermeidet den Riemenverlust und vermindert den Platzbedarf, die Kolbengeschwindigkeiten überschreiten nicht 3 m/s. In den Abmessungen der Maschinen ist kein Streben nach Höchstleistungen bemerkbar, man zieht es vor, durch Unterteilung eine große Anpassungsfähigkeit an den wechselnden Bedarf zu erreichen. Über die Frage der Mehrstufigkeiten herrscht keine einheitliche Auffassung. Eine sehr große Firma arbeitet mit sechs- bis siebenfacher Verdichtung in Einzylinder-Gleichstrommaschinen. Andre Firmen verwenden schon zu reiner Eiserzeugung zweistufige Maschinen. Für mittlere und große Leistungen findet man hauptsächlich doppeltwirkende stehende Kompressoren mehrzylindriger Bauart. Bei kleineren Bauarten ist die Massenfabrikation sehr entwickelt, wobei Guß weitgehend durch Stanzarbeit ersetzt wird.

Die Rückkühlwerke werden meist mit Streudüsen ausgeführt, während in Europa Rieselkühler überwiegen. Als Kondensatoren findet man Röhrenkondensatoren, bei denen das Kühlwasser in Rohrbündeln durch ein Mantelrohr strömt, daneben Bauarten, die den Kondensatoren der Dampfmaschinentechnik ähneln, mit zahlreichen parallelen, meist senkrecht angeordneten Rohren, die vom Kühlwasser durchströmt werden. Auf Unterkühlung wird meist verzichtet, der Kondensator dient auch niemals als Flüssigkeitspeicher, sondern es sind besondere Vorratbehälter vorgesehen. Der Ölabscheidung wird große Sorgfalt gewidmet, bei größeren Anlagen schaltet man vor den Ölabscheider einen Vorkühler, der die Überhitzungswärme abführt und so den größten Teil der Öldämpfe abscheidet, bevor sie in den Kondensator eintreten. Die Verdampfer für Eiserzeuger werden oft als Vielröhrenverdampfer ausgeführt, durch die die Sole mit Hilfe einer Umlaufpumpe gepumpt wird. Der Platzbedarf ist dabei wesentlich geringer als bei den üblichen Schlangenrohrverdampfern. Zur Herstellung von klarem Eis bläst man meist Luft durch die Eiszellen. Zur Eisbelieferung der Eisenbahnen gibt es besonders im Westen sehr große Anlagen. Die größte Fabrik könnte in neun Arbeitstagen den Jahresbedarf Deutschlands decken.

In Kühlhäusern gehen die Amerikaner von der unmittelbaren Verdampfung wieder zur Solekühlung über, während man in Deutschland unter Hinweis auf Amerika häufig den umgekehrten Weg empfiehlt. Auf die Luftführung wird wenig Wert gelegt. In Boston, der Stadt größter Kälteverwendung, gibt es schon ein Fernkühlhaus mit Solerohren unter den Straßen, das eine Anzahl v[on] Markthallen, Kühlhäusern und Großabnehmern mit Kä[lte] versorgt.

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1305.

Für das Gefrieren von Fischen wird auch in Ameri[ka] das Ottesen-Verfahren bevorzugt, bei dem bekanntlich d[as] Gefriergut unmittelbar in eine eutektische Solelösung g[e]taucht wird. Demgegenüber hat das Petersensche V[er]fahren des Einfrierens in Zellen wesentlich an Bedeutu[ng] verloren.

Dipl.-Ing. G. Cattaneo, Hilversum (Holland) b[e]richtete in seinem Vortrag

Technik und Ökonomie des Edeleanu-Verfahrens zur Raf[fi]nation von Mineralölen

über ein beachtenswertes neues Anwendungsgebiet d[er] Kältetechnik. Die Mineralöle wurden früher ausschließli[ch] auf chemischem Wege gereinigt. Dazu werden die Fra[k]tionen der Destillation mit Schwefelsäure gemischt, die d[ie] ungesättigten Bestandteile polymerisiert oder Verbindung[en] mit ihnen eingeht. Das Raffinat wird dann durch Filtrier[en] oder Destillieren von dem sogenannten Säureteer getren[nt] und mit Lauge ausgewaschen. Bei diesem Verfahren geh[en] die aromatischen Verbindungen mit dem Säureteer und d[er] Schwefelsäure verloren. Edeleanu fand, daß flüssige schw[ef]lige Säure die ungesättigten Verbindungen der Öle lö[st], während Paraffin und gesättigte Kohlen-Wasserstoff-V[er]bindungen bei tiefer Temperatur darin völlig unlöslich si[nd]. Mischt man demnach das Öl bei einer Temperatur von — 1[...] mit flüssiger schwefliger Säure, so entstehen zwei Schicht[en], von denen die untere aus flüssigem SO_2 mit den darin g[e]lösten ungesättigten Verbindungen, die obere aus Raffi[nat] mit darin gelöstem SO_2 besteht. Beide Teile lassen sich du[rch] Abgießen trennen, und man kann aus dem Raffinat d[ie] schweflige Säure austreiben, ohne daß bei der tiefen Tem[pe]ratur Kohlenwasserstoffe mitverdampfen. Ebenso läßt si[ch] die schweflige Säure des andern Teiles durch Destillati[on] wiedergewinnen. Die neueren Anlagen nach diesem V[er]fahren arbeiten ununterbrochen, wodurch die Betriebskost[en] erheblich vermindert werden. Schwierigkeiten traten a[n]fangs bei der Behandlung der als Schmieröl verwendet[en] höher siedenden Bestandteile auf, da der Bedarf an schw[ef]liger Säure wesentlich größer ist. Dadurch, daß man Geg[en]stromapparate einführte und stufenweise SO_2-Lösung[en] verschiedener Konzentration verwandte, konnte das V[er]fahren wesentlich verbessert werden. Auch das Abdampf[en] der Extrakte und Raffinate wird stufenweise durchgefüh[rt]. Die schweflige Säure wird durch Verbrennen von Schwe[fel] hergestellt und unmittelbar von den Ölen absorbiert, oh[ne] den Umweg über die flüssige wasserfreie schweflige Säu[re]. Die verschiedenen Verbesserungen der letzten Jahre hal[fen] die wirtschaftliche Überlegenheit des Edeleanu-Verfahr[ens] über die chemische Reinigung gesichert.

Dr.-Ing. Fr. Merkel, Dresden, entwickelte in sein[em] Vortrag:

Ein Diagramm zur Berechnung der Absorptionskältemasch[inen]

die Theorie der Ammoniak-Wasser-Absorptionskältemaschi[ne]. Dabei wird ebenso wie bei den Kompressionsmaschinen [mit] großem Vorteil der Begriff des Wärmeinhaltes (Enthalp[ie]) benutzt. Man kann die Zustände des Gemisches bei bestim[m]tem Druck am besten darstellen in einem Diagramm [m]it dem Ammoniakgehalt auf 1 kg Wasser als Abszisse u[nd] dem Wärmeinhalt als Ordinate, in das die Isothermen u[nd] die Grenzkurven der flüssigen und gasförmigen Phase e[in]getragen sind. An der Hand eines solchen Diagrammes l[äßt] sich der Arbeitsvorgang der Absorptions-Kältemasch[ine] einfach und übersichtlich verfolgen. Wegen der Einzelhei[ten] sei auf die ausführliche Darstellung in der Zeitschrift [für] die gesamte Kälteindustrie verwiesen, die auch die ande[ren] Vorträge vollständig veröffentlichen wird.

Als Ort für die Hauptversammlung des nächsten Jah[res] ist Dresden in Aussicht genommen. [N 1796]

Danzig Ernst Schmid[t]

Gemeinsame Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke, E. [V.], Berlin, und des Verbandes der Elektr[i]zitätswerke, Wien,

vom 26. bis 28. Juni 1928 in Wien

In der letzten Juniwoche hielten die Vereinigung [der] Elektrizitätswerke, E. V., Berlin, und der Verband der El[ek]trizitätswerke, Wien, ihre diesjährige Hauptversammlu[ng] gemeinsam in Wien ab. Man ist entschlossen, die bisher[ige] Zusammenarbeit der beiden Verbände, die in dieser geme[in]samen Tagung ihren Niederschlag fand, in Zukunft a[us]zubauen und enger zu gestalten; Satzungsänderungen, [die] in Wien beschlossen wurden, boten dazu die geschäftlic[he] Grundlage: der Leiter der Städtischen Elektrizitätswer[ke] Wien, Direktor Karel, trat in den Vorstand der de[...]

:chen Vereinigung (VDEW) ein, während Direktor Dr. Passavant in den Vorstand des österreichischen Ver-andes entsandt wurde.

Dipl.-Ing. Gleichmann, Berlin, sprach über den

Aufbau von Großkraftwerken für Höchstdruck unter besonderer Berücksichtigung des Benson-Kessels [1]):

Die Planung von Höchstdruckanlagen muß von dem End-ustand des Dampfes hinter der letzten Turbinenstufe aus-ehen, bei Kondensationsanlagen mit Rücksicht auf die zu-ässige Höchstfeuchtigkeit des Dampfes, bei Gegendruck-nlagen mit Rücksicht auf die Möglichkeit, den Dampf mit icht zu viel Feuchtigkeit den Verbrauchstellen zuzuführen. Der Turbinenwirkungsgrad bestimmt im *IS*-Diagramm den inienzug, durch den der Eintrittsdampfzustand und die öchst zulässige Eintrittstemperatur festgelegt wird. Da nan auf diese Weise die heute möglichen Höchstdrücke neist nicht erreichen kann, wird die Zwischenüberhitzung rforderlich.

Die Frage, ob man eine Turbine mit einer oder mit nehreren Wellen nehmen soll, muß mit Rücksicht auf die Konstruktion und die Betriebsicherheit eingehend geprüft verden, desgleichen die Wahl des gleichbleibenden oder mit er Belastung schwankenden Mitteldruckes. Wichtig ist uch das Verhalten der Anlage, wenn die Vorschaltturbine usfällt, damit die Grundturbinen mit gedrosseltem Dampf veiterarbeiten können.

Neben den Kondensationsanlagen gewinnen auch die nit Gegendruckbetrieb für die Elektrizitätswerke mehr und nehr Interesse, da sich bereits mehrere Werke mit Heiz-raftanlagen befassen. Für solche bietet der Höchstdruck llgemein größere Vorteile als für reine Kraftanlagen.

Prof. Dr. Petersen, Darmstadt, sprach über die

Technische und wirtschaftliche Entwicklung der Hochspannungs-Technik [2]):

r ging zunächst auf die Gründe für das steigende Bedürf-is nach Kabeln für Höchstspannungen ein. Hemmend auf ie Verwendung von Kabeln wirken erstens die hohen An-gekosten und zweitens die Begrenzung auf verhältnis-äßig niedrige Betriebspannungen. Untersuchungen haben ber erwiesen, daß der Preisunterschied zwischen Kabel nd Freileitung mit zunehmender Spannung abnimmt. Bei em heutigen Stand der Technik ist man bereits in der age, betriebsichere Drehstromkabel für 100 kV zu liefern; ie Erdung des Nullpunktes ist unnötig, da das Kabel den pannungsanstieg einer Phase bei Erdschluß auf den ver-etteten Wert verträgt. Die Kabel können ohne weiteres n Freileitungsnetze für 100 kV angeschlossen werden.

Über den

Erdschutz parallel geführter Freileitungen

prach Privatdozent Dr. Gauster, Wien. Betrachtet man 's einfachsten Fall zwei parallele Drehstromleitungen, an elche keine Erdschluß-Löscheinrichtungen angeschlossen nd; jede der beiden Leitungen hat einen eignen Um-panner. Im normalen Betriebe werden sie sich nicht be-nflussen. Tritt hingegen auf der Leitung 1 ein Erdschluß af, so kommt der vom Erdschluß betroffene Leiter auf das rdpotential und der Nullpunkt der Oberspannungseite des mspanners der Leitung 1 nimmt zwangläufig die Phasen-pannung mit negativem Vorzeichen an.

Infolge der Kapazität wird auch der Nullpunkt der eitung 2 eine bestimmte Spannung gegen Erde annehmen, nd zwar bei den üblichen Leiteranordnungen ein Fünftel s ein Viertel der Phasenspannung der Leitung 1. Für den äufigsten Fall, daß beide Leitungen mit der gleichen Span-ng betrieben werden, ist das ungefährlich, es könnte nur nn bedenklich werden, wenn bei zwei Leitungen auf nem Gestänge die Phasenspannungen um ein Vielfaches on einander abweichen.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn die Leitungen rdschluß-Löscheinrichtungen haben [3]). Betrachtet man die pannungsverlagerung der Leitung 2 bei Erdschluß der eitung 1 in Abhängigkeit von der Abstimmung der Lösch-duktivität der Leitung 2, so erhält man eine Resonanz-urve, deren kritischer Wert bei einer solchen Bemessung s Löschstromes liegt, bei der für den Fall: „Leitung 1 erdet, Erdschluß auf Leitung 2", vollkommene Löschung ftritt. Für diese Abstimmung würde unter der Voraus-tzung geradlinigen Verlaufes der Löschinduktivität und nter Vernachlässigung der dämpfenden Ohmschen Ver-ste die Spannung der Leitung 2 unendlich groß werden. immt man hingegen die Löschinduktivität nur auf die apazität einer Leitung gegen Erde allein ab, so entnimmt n aus der Resonanzkurve eine Spannungsverlagerung der itung 2 in der Größe der Phasenspannung; d. h., daß ch bei hochspannungsseitig nicht gekuppelten Leitungen auf der Leitung 2 ein Erdschluß vorgetäuscht würde, wenn auf Leitung 1 der Erdschluß wirklich auftritt.

Wichtig ist der Einfluß der Ohmschen Dämpfung und insbesondere der Sättigung der Löschdrosselspule. Ein einfaches Zeichenverfahren und der Versuch zeigen, daß auch für den ungünstigsten Fall der Abstimmung der Löschinduktivität keine unendlich große Nullpunktspannung der Leitung 2 auftritt, sondern daß bei einer entsprechend hohen Sättigung der Löschdrosselspule, die praktisch nicht erreicht wird, sogar die Phasenspannung nicht wesentlich überschritten wird. Interessant dabei ist, daß bei schrittweiser Steigerung der Spannung der Leitung 1 von null auf den vollen Wert, die Nullpunktspannung der Leitung 2 die aus der Theorie eisenhaltiger Schwingungskreise bekannte Kipperscheinung bei hoher Eisensättigung zeigt, wobei besonders das Oszillogramm eine sprunghafte Zunahme des Phasenverschiebungswinkels um rd. 180° deutlich erkennen läßt. Die Spannungsverlagerungen sind, wenn auch beträchtlich kleiner als die Werte der Resonanzkurve, doch noch unzulässig hoch.

Der Vortragende erläuterte dann die von Prof. Petersen angegebene Entkopplungs-Drosselspule, von der sich viele andre Ausführungen ableiten lassen, die in gewissen Fällen vorteilhafter oder auch dann noch anwendbar sind, wenn sich die einfache Drosselspule nicht mehr anwenden läßt, wie z. B. im 110 kV-Netz der Wiener Städtischen Elektrizitätswerke. Diese beziehen aus den Wasserkraftwerken Partenstein [4]), Opponitz [5]) und Gaming elektrischen Strom, der in drei getrennten Leitungen mit einer Spannung von 110 kV zum Schaltwerk Gresten geführt wird. Von hier aus führt eine Doppelleitung nach Wien-Nord, wo auf 28 kV abgespannt wird. In Gresten kann man einen Strang der Doppelleitung auf Partenstein, den andern unabhängig nach Opponitz oder Gaming schalten. Es war notwendig, die Löschtransformatoren, Bauart Bauch, durch eine Ausgleicheinrichtung zu verbinden, die aber nach Vorschlag von Mengele nicht aus Induktivitäten, sondern aus Ohmschen Widerständen besteht, damit im Fall von Erdschluß bei getrenntem Betrieb der beiden Leitungen keine unzulässigen Spannungserhöhungen auftreten. Der Vortragende zeigte eine neue Schaltung, welche die Entkopplung sehr einfach bewirkt.

Schließlich wurde noch die Entkopplungseinrichtung der ebenfalls den Wiener Städt. Elektrizitätswerken gehörenden Ebenfurther Leitung beschrieben. Da auf der 70 kV-Seite keine Ölschalter und keine gemeinsamen Hochspannungs-Sammelschienen vorhanden waren, mußte ein Löschtransformator nach Bauch für kurzzeitige Löschung einen für Dauerlöschung bestimmten Reithoffer-Löscher in allen Betriebszuständen richtig entkoppeln, was ebenfalls sehr einfach gelang.

Prof. Matthias, Berlin, gab einen interessanten Hinweis auf

Wege zur experimentellen Klärung der Ölschalterfrage.

An Lichtbildern erläuterte er das gewaltige Anwachsen des Strombedarfs und sein Einfluß in technischer Beziehung: Steigerung der Einheitsleistungen der Maschinen, Verdichtung der Leitungsnetze, Aufsaugung kleiner Erzeugungsanlagen und so den Zusammenschluß zu großen stromerzeugenden Werken.

Für die technische Weiterentwicklung müssen große, kostspielige Versuchsanlagen geschaffen werden, für welche die Mittel bisher nicht aufgebracht werden konnten. In neuester Zeit haben zwar zwei große deutsche Firmen derartige Anlagen für eigenen Bedarf gebaut, aber auch diese genügen kaum den heutigen Bedürfnissen, viel weniger dem zukünftigen Bedarf, für den schon jetzt die Apparate entwickelt werden müssen. Der Vortragende ging dann auf technische Einzelheiten über die Wirkungen der Kurzschlußströme ein und gab einige Hinweise darauf, wie man experimentell vorgehen müsse. Bei den verwickelten physikalischen und chemischen Wirkungen der Kurzschlußströme, insbesondre bei Ölschaltern, war es unerläßlich, die Versuche mit den Abschaltleistungen zu machen, welche die Apparate im Betriebe aushalten sollen.

Er berichtete dann, daß seit zwei Jahren auf Anregung führender Persönlichkeiten aus der Elektrizitätswirtschaft Bestrebungen im Gange waren, eine Versuchsanlage in Deutschland gemeinsam mit der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen zu schaffen. In Lichtbildern zeigte er einen Entwurf, den er gemeinsam mit Dr. Rengier ausgearbeitet hat. Der Plan sieht die doppelte Leistung der beiden vorerwähnten Versuchsanlagen vor. Die Anordnung ist so getroffen, daß an zwei Versuchständen gleichzeitig gearbeitet werden kann und vielseitige Ausnutzung möglich ist.

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 30 S. 1037.
[2]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 844.
[3]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 32 S. 1123.
[4]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1485.
[5]) Z. Bd. 70 (1926) S. 149.

Die Kosten von 3,5 Mill. $\mathcal{RM}$ sind allerdings schwer aufzubringen, so daß man vielleicht mit einer wesentlichen Vereinfachung unter Einschränkung der Arbeitsmöglichkeiten und Erweiterungsfähigkeit rechnen muß. Die Entscheidung über den Bau soll in allernächster Zeit fallen. Der Redner schloß mit einer Mahnung an alle beteiligten Kreise, so weit wie möglich zur Verwirklichung des Planes beizutragen.

Obering. Quack der I. G. Farbenindustrie, Werk Bitterfeld, gab als Obmann des Turbinenausschusses des Mitteldeutschen Bezirksverbandes der Elektrizitätswerke einen Bericht über dessen Arbeiten im letzten Jahre.

Nach der Explosion eines Stromerzeugerläufers wurde der Ausschuß beauftragt, die Ursachen dieses Schadens festzustellen. Die sorgfältige Untersuchung führte zu dem Ergebnis, daß der Konstrukteur mehr als bisher die Eigenarten solch großer Schmiedestücke bei seiner Berechnung großer raschlaufender Induktoren berücksichtigen muß und daß zur Ermittlung dieser Eigenschaften besondere Prüfverfahren erforderlich sind. Radial- und Axialbohrungen ermöglichen eine genaue Prüfung des Werkstoffs[6]). Das Periskopverfahren, früher hauptsächlich bei der Axialprüfung verwandt, ist jetzt auch für Radialuntersuchungen ausgebildet worden. Das Gerät ist einem medizinischen Apparat nachgebildet; es läßt durch 25 Linsen das Bild des Werkstoffgefüges in das Okular gelangen, so daß es sogar photographiert werden kann. Der Redner zeigte an der Hand einiger Werkstattbilder, in welcher Weise heute den Ergebnissen dieser Untersuchung in den Turbinenfabriken Rechnung getragen wird, und wies hin auf das erfreuliche, verständnisvolle Zusammenarbeiten von Fabrik, Hochschule und Besteller. Die Maßnahmen zur Verbesserung des Gehäusegusses kurz streifend, berichtete der Redner weiter über die Forschungsarbeiten zur Ermittlung eines erosionsfesten Schaufelbaustoffs für die letzten Räder der großen Turbosätze. Er gab dann eine Übersicht über das neueste Schrifttum und über laufende Versuche.

Berlin [N 1824] H. L. Meyer

[6]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 105 u. 460.

Verkehrswesen

Sicherheitsvorrichtung für elektrische Fahrzeuge

Vorrichtung zum selbsttätigen Bremsen elektrisch betriebener Fahrzeuge in Gefahrfällen, und zwar hier im besondern Falle des Versagens des Führers, verfolgen einen doppelten Zweck, nämlich den der Sicherheit in erster Hinsicht und außerdem den der Personalersparnis, d. h. einmännige Bedienung zu ermöglichen. Die bei verschiedenen Bahnverwaltungen bereits eingeführte Sicherheitsvorrichtung der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Abb. 1 und 2, ist folgendermaßen eingerichtet:

Im normalen Betriebzustand drückt der Führer den Druckknopf *n* oder den Fußhebel *m*, Abb. 2, nieder; einerseits ist also der Fahrstromkreis, anderseits der Betätigungsstromkreis geschlossen, so daß der Magnetanker *a* in Fahrstellung I, somit das Zeiteinstellrad *c* außer Eingriff mit der leer mitlaufenden Schnecke *d* ist.

Gibt der Führer nun absichtlich oder entsprechend dem Sinn der Einrichtung unabsichtlich den Druckknopf *n* oder den Fußhebel *m* frei, so löst der Anker *a* aus und bringt das Rädchen *c* mit der Schnecke *d* in Eingriff, Stellung II. Dadurch wird zunächst der Hauptschalter ausgelöst, dann

Abb. 1
Sicherheitsgerät für unmittelbaren Antrieb und mit Magnetspule für Einphasen-Wechselstrom von 210 V, 16⅔ Per./s. Ausführung für die Norwegischen Staatsbahnen.

Abb. 2
Schaltplan der Sicherheitsvorrichtung für Triebfahrzeuge mit Saugluft-Bremseinrichtungen.

a Magnetanker
b Hauptschalter-Auslösekontakt
c Zeiteinstellrad
d Schnecke
e Antriebwelle
f Rückstellfeder
g Einrückfeder
h Riegel für Außerbetriebsetzung
i Betätigungsventil des Schnellbremsventils
l Schnellbremsventil
m Fußhebel
n Druckknopfschalter
o Eintritt der Druckluft
p Austritt der Druckluft
q Staubfänger
r Zur Hauptleitung der Saugluftbremse

aber, wenn die Aussparung zur Schnecke gelangt, Stellung III des Ankers *a*, setzt die Bremswirkung ein, da nunmehr der Ankerhebel das Betätigungsventil *i* des Schnell-Bremsventils *l* schließt. Die Bremsung tritt also nicht sofort bei Versagen des Führers (Loslassen des Druckknopfes usw.), sondern verzögert ein. Diese Zeitdauer hängt von der Länge des Eingriffbogens von *c* ab. Die Rückstellfeder *f* führt den Anker *a* selbsttätig wieder in Stellung I zurück.

Die Schneckenwelle *e* wird entweder von der Radachse, dem Stangenantrieb oder mit dem Geschwindigkeitsmesser gemeinsam angetrieben. Den verschiedenen gebräuchlichen Bremsarten trägt die Vorrichtung ebenfalls Rechnung. Während bei Druckluftbremsen das Betätigungsventil *i* unmittelbar auf das Schnellbremsventil wirkt und damit die Bremsung von Lokomotive und Zug einleitet, wird bei Saugluftbremsen dem Bremsventil ein mit Druckluft betätigtes Ventil vorgeschaltet. (BBC-Mitteilungen Bd. 15 (1928) Heft 5 S. 174) [M 1629] Ro.

Maschinenteile

Hydraulische Energieumformer[1])

Ein Flüssigkeitsgetriebe besteht aus einer Pumpe (Generator, Primärteil) und einem hydraulischen Motor (Sekundärteil), zwischen denen der Füllstoff (meistens Getriebeöl von geeigneter Zähigkeit) umläuft und die Leistung dynamisch oder statisch überträgt. Dynamische Getriebe (von Föttinger[2]), Rieseler[3]), Nydquist & Holm) sind an hohe Umfangsgeschwindigkeiten gebunden und wegen der Eigenart der Turbinengesetze nur bedingt anwendbar. Die folgenden Erörterungen beschränken sich auf statische Getriebe, bei denen die Energie durch den Druckunterschied einer Flüssigkeit in Verdrängerzellen übertragen wird.

Der Aufbau einer Verdrängerzelle aus kinematisch verschiedenen Gliedern erlaubt eine Unterscheidung nach Kolbenzellen, Abb. 3 und 4, mit zwei Gliedern, Kapselzellen, Abb. 4 und 5, mit mindestens drei Gliedern, und Zahnradzellen (Zellenwände teilweise in Hüllflächenpaarung). Herstellungs- und Abdichtungsschwierigkeiten wachsen mit der Gliederzahl.

Die Glieder der Verdrängerzellen werden oft nach Art einer umlaufenden Kurbelschleife, deren Kurbel festgehalten ist, mit der treibenden oder getriebenen Welle verkettet, z. B. bei den Getrieben von Hele-Shaw-Beacham[1]), Hele-Shaw[1]) (ältere Bauart), von der Oil-Gear Co.[1]) und nach Lauf-Thoma[4]), alle mit sternförmig angeordneten Kolbenzellen. Daneben stehen in einer Parallelreihe mit Kapselzellen, aber auf gleicher kinematischer Grundlage, die Getriebe: Enor[5]), Sturm[4]), Lentz[6]) und Huwiler[7]).

[1]) Fachheft „Getriebe" des „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) Heft 22 S. 1099 u. f. und Sonderheft „Getriebe", VDI-Verlag, Berlin 1928, S. 26 u. f.
[2]) Z. Bd. 57 (1913) S. 721 u. 766.
[3]) Z. Bd. 72 (1928) S. 272.
[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 747 u. Sonderheft „Getriebe" S. 29.
[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 748, Bd. 72 (1928) S. 751 u. Sonderheft „Getriebe" S. 29 u. 39.
[6]) Z. Bd. 66 (1922) S. 184, Bd. 69 (1925) S. 647 u. Sonderheft „Getriebe" S. 30. [7]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1276, Bd. 71 (1927) S. 919.

Abb. 3 Kolbenzelle. Abb. 4 Kolben- und Kapselzelle.

Abb. 3 und **4**. Beispiele von Kolben- und Kapselzellen.
1 u. 2, bezw. 1, 2 u. 3 An der Bildung der Verdrängerzelle beteiligte, kinematisch verschiedene Getriebeglieder
V_1 größter, V_2 kleinster } Rauminhalt einer Zelle

In allen werden die Verdrängerzellen durch das Areitsgetriebe gesteuert (sog. ventillose Anordnungen); Wälzger vermindern die Reibungsverluste und vermeiden elbstsperrung in exzenterähnlichen Motorgetrieben und die bnutzung in den Paßlagern; die abdichtende Passung der ellenglieder ist bei einigen der Getriebe schwierig.

Im Schneider-Getriebe[8]) wird durch mechanische Kuppng eines Gliedes vom Pumpengetriebe mit dem Motoretriebe ein Teil der Energie durch mechanischen Nebenchluß[9]) mit ganz geringen Verlusten übertragen. Der ormale Geradschubkurbeltrieb ist hier mit einem Parallelurbeltrieb zusammengesetzt; dadurch wird für eine größere eistung eine sehr gedrängte Bauart erreicht, allerdings auf osten der Einfachheit.

Eingliederung der Verdrängerzellen in einen räumchen Koppeltrieb mit feststehender Kurbel, der zum Tau elscheibenantrieb entwickelt ist, finden wir bei den olbengetrieben von Janney[10]) und von Renault[11]). n Rosén getriebe[12]) ist der räumliche Koppeltrieb zu nem Kurventrieb vereinfacht, kinematisch ähnlich ist r kurbellose Verbrennungsmotor von Michell[13]).

Die Verdrängerzellen eines Flüssigkeitsgetriebes sollen r eine bestimmte Leistung mit möglichst kleinen mittleren olbenkräften, dementsprechend mit möglichst hoher mittrer Verdrängungsgeschwindigkeit, die aber durch die assenwirkung in den Triebwerkteilen und im Füllstoff behränkt wird, arbeiten, damit Gewicht, Raumbedarf und eckverluste verringert werden.

Drehzahlverluste (Schlupf) entstehen durch unollständige Füllung der Zellen und mangelnde Abdichng. Das Öl verhält sich bei großen Druckschwankungen ie ein Gas, weil es stets etwas Luft enthält; daher rührt die vollständige Füllung, die man durch völligen Luftabschluß s Öles und durch Überdruck auf der Saugseite verhindern nn. Leckverluste lassen sich durch niedrigen Aritsdruck und günstige Form der Verdrängerzellen klein lten. In je weniger Einzelflächen die gesamte Arbeitsiche aufgeteilt wird, und je mehr sich die Verdrängeriche der Kreisform nähert, um so günstiger wird das Verltnis:

$$\frac{\text{Summe der abzudichtenden Kantenlängen}}{\text{Summe der Arbeitsflächen}}.$$

Die Aufteilung in mehrere Zellen mit versetzten Aritsphasen (bei Zellen, die im Sinusstrom fördern, mindeens fünf) wird für gleichmäßiges, stoßfreies Arbeiten mer notwendig sein. Außer bei großen Zellen genügt altabdichtung ohne federnde Zwischenglieder bei mögchst großer Dichtungslänge in der Richtung des Leckromes. Dichtung längs einer Linie genügt ohne besondre npressung nicht. Wenn Flächendichtung unmöglich ist, üssen mehrere Liniendichtungen hintereinander gesetzt erden (z. B. beim Enor-, Sturm- und Lentz-Getriebe). ie Zähigkeit des Getriebeöles begünstigt die Abdichtung.

Die Maßnahmen zur Verringerung der Drehmomenterluste beeinträchtigen z. T. die Abdichtung. Den draulischen Strömungsverlust kann man, vorausgesetzt, ß in möglichst kurzen, geraden und freien Kanälen Wirlung tunlichst vermieden ist, durch Verkleinern der Flüsgkeitsmengen herabsetzen; dementsprechend muß man er für eine verlangte Leistung den Arbeitsdruck steigern; ßerdem wäre ein dünnflüssiges Getriebeöl günstig.

[8]) Z. Bd. 69 (1925) S. 499 u. 595 und Sonderheft „Getriebe" S. 32.
[9]) Vergl. Kutzbach, Die Reglung bei stufenlosen Umformern, nderheft „Getriebe" S. 36 u. „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 1104.
[10]) „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 1140 u. Sonderheft „Getriebe" S. 32.
[11]) „Motorwagen" Bd. 25 (1922) S. 63.
[12]) Z. Bd. 71 (1927) S. 389 u. Sonderheft „Getriebe" S. 31.
[13]) Z. Bd. 71 (1927) S. 366.

Abb. 5
Getriebe mit Kapselzellen.
1, 3 und 4 Zellenglieder S Dichtungssteg
V_1 größter, V_2 kleinster } Rauminhalt einer Zelle

Wie weit man diese einzelnen, teilweise sich widersprechenden Konstruktionsgrundsätze befolgen muß, um in jedem Sonderfall die günstigste Gesamtwirkung zu erzielen, läßt sich z. T. nur durch Versuche entscheiden. Die wirtschaftliche Höchstgrenze für den Öldruck beträgt bei einzelnen Kolbenzellengetrieben bis zu 150 at, während Kapselzellengetriebe bei viel niedrigeren Drücken arbeiten, der Enortrieb z. B. mit 7 bis 10 at.

Reglung. Die Übersetzung eines hydraulischen Umformers kann man durch Änderung des auf eine Umdrehung bezogenen, wirksamen Gesamthubinhaltes verändern, und zwar können Pumpe oder Motor allein oder gleichzeitig geregelt werden.

Stufenlose Regelung ist möglich durch: Veränderung des Hubes, der Zellenbreite oder der Leerlauf-Teilzeiten im Arbeitspiel. Bei den Getrieben mit ebener oder räumlicher Kurbelschleife ist die Veränderung des Hubes besonders einfach, indem man die Exzentrizität des Kurbelzapfens oder die Neigung der Taumelscheibe ändert. Durch Übergang auf negative Exzentrizität kann man die Drehrichtung umkehren. Die umlaufende Kurbelschleife bietet hierbei den Vorteil, daß ein Massenausgleich, der mit der Hubänderung wechseln müßte, unnötig ist.

Die Zellenbreite wird beim Huwiler-Getriebe durch teilweises Abdecken der umlaufenden Flügel erreicht. Die Konstruktionslösung ist ungünstig hinsichtlich des axialen Platzbedarfes und der Abdichtung der Zellen, ist aber das einzige Mittel, hydraulische Umformer mit Kurventrieben stufenlos zu regeln. Die Drehrichtung wird durch Vertauschen der Saug- und Druckanschlüsse im Motor umgekehrt.

Leerlaufteilzeiten lassen sich ins Arbeitspiel durch Versetzen des Arbeitstaktes gegen den Steuertakt um einen veränderlichen Phasenwinkel γ, Abb. 6, einführen. Bei Kopplung zweier gleichartiger, im Sinusstrom fördernder Zellen, die um $+\gamma$ und $-\gamma$ gegen den Steuertakt versetzt sind, ergibt sich der Sinusstrom R mit veränderlicher, von γ abhängiger Amplitude; mit entsprechend gekuppelten andern Zellenpaaren zusammen liefert er eine gleichmäßige Gesamtwirkung.

Beim Lentz- und beim Rosén-Getriebe wird durch wechselnde Zusammenfassung mehrerer Einzelpumpen die gesamte Förderleistung und damit die Drehzahlübersetzung in Stufen geändert; die abgeschalteten Pumpen verursachen Leerlaufverluste. Zur Umkehr der Drehrich-

Abb. 6
Reglung des Gesamthubraumes durch Kopplung zweier Zellen P_1 und P_2, von denen die eine gegen den Steuerungstakt um γ vor-, die andre um γ nacheilt. R ist der mit dem Steuerungstakt gleichphasige Sinusstrom, dessen Amplitude a von der Phasenverschiebung abhängt: a ist am größten bei $\gamma = 0$, null bei $\gamma = 90°$, a wird negativ, d. h. die Drehrichtung wird umgekehrt bei $\gamma > 90°$.

tung muß man die Saug- und Druckanschlüsse im Motor vertauschen.

Die vom Wechsel des Arbeitswiderstandes hervorgerufenen Änderungen des Öldruckes oder der Drehzahl an der Pumpenwelle bieten einfache Möglichkeiten der selbsttätigen Reglung. [M 1645]

Ludwigshafen a. Rh. Dipl.-Ing. J. Ritter

Berichtigung

41. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker

In dem Bericht über den Vortrag von Dr. Bergius in Z. Nr. 31 S. 1096 muß es an mehreren Stellen statt „Kohlenwasserstoff“ „Kohlehydrat“ heißen. [N 1924]

Kleine Mitteilungen

Die deutsche Zugspitzenbahn

Der Bau, den die Bayerische Zugspitzbahn, A.-G., unternimmt, ist vom Staat genehmigt und der Allg. Lokalbahn- und Kraftwerke, A.-G., Berlin, übertragen worden. Ausgangspunkt wird Garmisch-Partenkirchen sein, in ihrem Verlauf wird die Bahn die Talstationen der Kreuzeckbahn, Hammersbach, Grainau, Eibsee berühren und zum Platt führen, und zwar von Eibsee aus als Zahnradbahn; vom Platt zur Spitze wird eine Standseilbahn den Verkehr vermitteln.

Die Reibungs- und Zahnradstrecke wird mit 1 m-Spur ausgeführt und mit 1500 V-Einphasenstrom betrieben. Für den Zahnradbetrieb wird Riggenbachsche Zahnstange wegen ihrer mannigfaltigen Vorzüge bei den vorliegenden Bedingungen gewählt. Die Seilbahn soll Drehstrombetrieb von 500 V, 50 Per./s erhalten. Die Züge werden in der Regel aus vier Wagen bestehen und im 20 min-Verkehr bis 1000 Personen, in 1 h, die Standseilbahn Platt—Zugspitzgipfel wird rd. 720 Personen in 1 h befördern können. Die Wagen der Seilbahn werden Sicherheitsbremsen nach neuester Ausführung mit zwei Zangenpaaren erhalten.

Die Länge der Reibungsstrecke wird 7320 m, bei 40 vT größter Steigung, die der Zahnradstrecke 9983 m bei 250 vT größter Steigung betragen; auf dem letzten Teil der Zahnradstrecke befinden sich zwei Tunnels von 200 und 3200 m Länge. Die Standseilbahn wird 624 m lang werden, bei 351 m Höhenunterschied zwischen den Endpunkten. Auch sie ist durch einen Tunnel zu führen.

Der Bau muß 1928 begonnen und 1932 fertiggestellt sein. Man rechnet mit der Fertigstellung der Strecke Partenkirchen—Eibsee für Sommer 1929, bis zum Platt mit Rücksicht auf den Tunnelbau für Sommer 1930 und der Seilbahn zum Gipfel für 1931. („Verkehrstechnik“ 24. Juli 1928 S. 501*.) [N 1923 a] Ro.

Vergaser für Kraftwagen

Die Stewart-Warner Speedometer Corp. hat vorgeschlagen, an die Stelle des üblichen Vergasers mit Unterdruck-Brennstoff-Förderer oder Brennstoffpumpe eine Anlage zu setzen, durch die ein Gemisch aus Brennstoff und Luft aus dem Brennstoffbehälter im hinteren Teil des Wagens abgesaugt und nach Erwärmung mittels der Auspuffgase durch Zusatz von kalter Luft unmittelbar an der Saugleitung des Motors auf den richtigen Brennstoffgehalt gebracht wird. Dadurch soll der Verlust am Füllungsgrad der Zylinder bei hohen Motordrehzahlen vermindert werden. Die sehr einfache Zerstäubungsvorrichtung für den Brennstoff ist in einem Einsatz des Brennstoffbehälters angeordnet und liefert einen Brennstoffnebel, der erst in dem von den Auspuffgasen beheizten Vorwärmer vollständig verdampft wird. Beim Anlassen aus dem kalten Zustand dürfte die Einrichtung aber Schwierigkeiten bereiten.

Bemerkenswert ist auch ein Vergaser mit eingebauter elektro-magnetischer Brennstoffpumpe dieser Firma. Dieser Vergaser hat nicht den üblichen Schwimmer. Die Pumpe wird durch eine Membran gesteuert, die auf den Wechsel im hydrostatischen Druck des Brennstoffes anspricht. Die Membran schließt und öffnet dabei einen elektrischen Stromkreis, doch sollen die Funken so klein und schwach sein, daß keine Brandgefahr zu befürchten ist. („Automotive Industries“ 30. Juni 1928 S. 1004/06* und 14. Juli 1928 S. 42/45*.)
[N 1923 b] H.

Forschungsergebnisse der Luftfahrt

Im Jahresbericht des Aeronautical Research Committee von 1927/28 wird ein bedeutsames Ergebnis auf dem Gebiete der Luftfahrt-Forschung mitgeteilt. Die Strömungsverhältnisse an Flugzeugen werden bislang in Kanälen mit bewegter Luft von atmosphärischem Druck untersucht. Nach dem Reynoldsschen Gesetz muß dabei die Luftgeschwindigkeit mit abnehmenden Abmessungen des Flugzeugmodells zunehmen. Das Gesetz gilt aber nur bis zur Schallgeschwindigkeit. Es ist also nicht möglich, kleine Modelle auf diese Weise gesetzmäßig zu prüfen, weil die erforderliche Luftgeschwindigkeit über der Schallgeschwindigkeit läge.

Der Umstand, daß der Luftwiderstand mit dem Druck zunimmt, gibt die Möglichkeit, die Versuche mit entsprechend geringeren Geschwindigkeiten durchzuführen. Der genannte Ausschuß hat daher zusammen mit dem U. S. A.-Advisory-Committee eine Versuchsanlage in Teddington errichtet, die gestattet, die Versuche mit Luft bis 22 at Druck vorzunehmen. Der Kanal ist 15 m lang und hat 3 m l. W. Dank diesem Verfahren werden künftig die Versuche weniger kostspielig und, soweit sie außerhalb der Gültigkeit des Reynoldsschen Gesetzes liegen, zuverlässiger. („Engineering“ 3. August 1928 S. 141.) [N 1923 c] Ro.

Glühöfen in der Fließfertigung

Bei der Herstellung der Waschkessel von Waschmaschinen muß zwischen den einzelnen Ziehvorgängen der Werkstoff wieder ausgeglüht werden. In der Fabrik der Mullins Corp., Salem, Ohio, ist zwischen zwei Pressen ein Glühofen aufgestellt. Die beiden Pressen, auf denen zwei Ziehgänge stattfinden können, sind mit einer Förderkette, die durch den Glühofen hin- und zurückführt, verbunden. Die Förderkette ist um die Pressen so geführt, daß man auf der Beschickseite die Werkstücke von der Kette abnehmen und sie auf der Ausstoßseite wieder anhängen kann. Der Glühofen wird mit Erdgas von angeblich 8540 kcal/m³ Heizwert geheizt. Kupfer wird auf 600 bis 650 ° und Stahl auf 870 bis 920 °, je nach der Ziehstufe, erwärmt. Für 100 kg Kupfer werden 33,7 m³ und für 100 kg Stahl 70,5 m³ Gas verbraucht.

In der Anlage sollen stündlich rd. 1700 kg Kupfer oder rd. 2090 kg Stahl geglüht werden. Gegenüber der früheren Anlage verringerte sich der Ausschuß bei den Ziehstücken infolge schlechten Ausglühens auf die Hälfte und Verluste durch Glühspan sind fast ganz verschwunden. („American Machinist“ (London) 4. August 1928 S. 1051*.)
[N 1923 d] Schr.

Gesteuerte Rückschlagklappe für Pumpenleitungen

Die üblichen Klappen in Pumpenleitungen verursachen ziemlich große Verluste. Man hat zwar vorgeschlagen, Klappen mit Gegengewicht zu verwenden, doch schließen solche Klappen träge und außerdem neigen sie leicht zum Flattern.

Die Firma J. Blakeborough & Sons, Brighouse, versieht daher die Klappe mit einer Vorrichtung, die gestattet, die Klappe in der geöffneten Stellung festzuhalten, solange die Pumpe fördert. Dazu dient entweder ein Zylinder, der mit Wasser aus der Pumpendruckleitung gefüllt ist und dessen Steuerventil unter der Wirkung eines Gewichtes umgestellt wird, wenn die Förderung aufhört, oder ein Handhebel, der während des Förderns von einer Klinke festgehalten wird. Zum Schließen der Klappe wird ein Fallgewicht ausgelöst, das die Klinke anhebt und den Handhebel freigibt. Das Auslösen des Fallgewichts kann beim Aufhören des Druckes in der Druckleitung oder schon dann erfolgen, wenn die Wassergeschwindigkeit unter eine bestimmte Grenze sinkt; man kann das Gewicht auch mittels einer Spule auslösen, die in den Stromkreis des antreibenden Elektromotors geschaltet ist. („Engineering“ 3. August 1928 S. 131*.)
[N 1923 e] Le.

Sicherung der Kuppel der St. Paul-Kathedrale

Die Kuppel der St. Paul-Kathedrale wird durch acht volle Säulen getragen, die aber exzentrisch belastet sind, wodurch diese das Bestreben haben, nach außen auszuweichen. Dies Bestreben wird durch Wärmedehnungen im Mauerwerk der Kuppel unterstützt. Um ein Ausweichen nach außen zu verhindern, will man jetzt um die Kuppel einen Gürtel legen, der rd. 137,16 m lang ist und 30 t wiegt.

Der Gürtel ist, ähnlich einer Fahrradkette, aus 30 Gliedern mit angestauchten Augen gebaut, wodurch ein verhältnismäßig leichter Einbau ermöglicht wird. Von diesen bestehen 15 Glieder aus je drei Balken mit einem Querschnitt von rd. 85,5 × 85,5 mm² und 15 Gliedern aus je vier Balken, wobei die mittleren zwei denselben Querschnitt und die zwei äußeren einen Querschnitt von 43 × 85,5 mm² haben. Die Bolzen, die die einzelnen Glieder verbinden, haben 93 mm Dmr. („Iron and Coal Trades Review“ 3. August 1928 S. 165*.)
[N 1923 f] Schr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

[E]inzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau, 10. H. **Die Bauteile der Dampfturbinen.** Von Georg Karras. Berlin 1927, Julius Springer. 99 S. m. 143 Abb. Preis 10 *RM*.

Das Heft soll ein Handbuch für den Konstrukteur in [S]chule und Praxis sein und behandelt daher nur Bauteile [u]nd ihre Festigkeitsfragen, nicht aber thermodynamische [T]urbinenrechnungen. In vielen, vom Verlag in gewohnter [S]orgfalt behandelten Abbildungen werden verschiedene Bau[for]men der Gehäuse, der Leitvorrichtungen und Schaufeln, [d]er Läufer, Stopfbüchsen und Lager nebeneinander gestellt [u]nd nach ihren wesentlichen Merkmalen besprochen.

Nicht behandelt von den wichtigen konstruktiven Einheiten der Dampfturbine sind die Ölpumpen, ihr Antrieb [u]nd die gesamten Regeleinrichtungen. Ihr Fehlen [dü]rfte durch den Hinweis auf die Abhängigkeit von [de]r thermodynamischen Berechnung kaum genügend erklärt [se]in, da andre Bauteile, wie Gehäuse und Schaufeln, davon [do]ch nicht weniger abhängig sind. Dagegen sind die Ab[sc]hnitte über die Radscheibenberechnung in diesem Rahmen [re]ichlich breit ausgefallen. Ihre sehr theoretisch gehaltene [u]nd für die Praxis z. T. weniger wichtige Behandlung steht [i]n Gegensatz zu den übrigen Abschnitten des Buches, die [m]it Recht in erster Linie die praktische Konstruktion der [Da]mpfturbinenteile herausstellen. Darin liegt auch der [Ha]uptwert der Arbeit, die zweifellos besonders dem werden[de]n Konstrukteur als Ratgeber willkommen sein wird. Der [Da]mpfturbinenbau, dessen Hauptentwicklung sich erst in [de]n wenigen letzten Jahren abgespielt hat, ist ungleich [ä]rmer an Handbüchern, die Aufschluß über konstruktive [F]ragen geben, als z. B. der viel ältere Dampfmaschinenbau. [Ei]n Werk wie das vorliegende ist in diesem Sinne sehr zu [be]grüßen. [E 1767] E. A. Kraft

[D]ie **Chemie der Bau- und Betriebsstoffe des Dampfkessel[we]sens.** Von R. Stumper. Berlin 1928, Julius Springer. 309 S. m. 101 Abb. Preis 24 *RM*.

Während die meisten Werke über Dampfkessel vorzugs[we]ise die konstruktiven oder wärmetechnischen Fragen be[ha]ndeln, ist hier ein umfassender Überblick über die che[mi]schen Probleme gegeben, die im Dampfkesselwesen be[ka]nntlich eine außerordentlich wichtige Rolle spielen. [Sc]hon die Absicht, ein bisher praktisch und theoretisch noch [sta]rk vernachlässigtes Gebiet wissenschaftlicher Behandlung [zu] erschließen und damit zu einer engen und ersprießlichen [Zu]sammenarbeit von Ingenieur und Chemiker anzuregen, [is]t dankenswert. Die Art, wie diese zweifellos nicht leichte [Au]fgabe von dem Verfasser angefaßt wird, ist mustergültig.

Ein überaus reichhaltiger Stoff wird in fünf kurzen [Ab]schnitten beinahe erschöpfend behandelt. Die Gliederung [is]t klar und übersichtlich: die beiden ersten Kapitel bringen [d]as Wesentliche über chemische Eigenschaften der Bau- [u]nd Betriebstoffe des Dampfkessels, die beiden nächs[te]n das Verhalten der Bau- und Betriebstoffe im Betriebe. [Im] letzten Abschnitt werden die verschiedenen Verfahren [zu]r Aufbereitung des Speisewassers eingehend besprochen. [Gr]oßer Wert ist allgemein auf die theoretische Behandlung [de]r Vorgänge gelegt in der richtigen Erkenntnis, daß unser [Wi]ssen von den Ursachen und Grundbegriffen noch sehr [ger]ing ist, daß aber eine wissenschaftliche Ergründung aller [Vo]rgänge bei der Verbrennung und der Dampfbildung, bei [de]r Entstehung der Kesselsteinbeläge und der Anfressungen [di]e erste Voraussetzung für die Abhilfe gegen Kesselschä[de]n und Betriebschwierigkeiten ist.

Das Buch, dessen gute Ausstattung mit zahlreichen aus[ge]zeichneten Schliffbildern besonders hervorgehoben wer[de]n soll, kann zu eingehendem Studium jedem Dampftech[nik]er und jedem auf diesem Gebiete tätigen Chemiker warm [em]pfohlen werden. [E 1674] Praetorius

[Erd]ströme. Von Franz Ollendorff. Berlin 1928, Julius [S]pringer. 260 S. m. 164 Abb. Preis 20 *RM*.

Nach der Erhöhung der Übertragungsspannungen, der [Ei]nführung der drahtlosen Telegraphie mit ihren hohen [Str]ömen und Spannungen, hat sich eine wissenschaftliche Be[ar]beitung der Frage „Erde als Leiter" nicht mehr umgehen [la]ssen. Nach den Vektorgleichungen von Erdströmen be[ha]ndelt der Verfasser im zweiten Kapitel die Erdung im [gle]ichmäßigen Erdreich, z. B. Halbkugelerde, Kreisplatten[erde], Rohrerde, gestreckte Banderde, im dritten Kapitel [Me]hrfacherde und im vierten Kapitel Tiefenerde, immer im [gesch]ogenen Erdreich und immer in bezug auf ständige Strö[mun]g. Im fünften Kapitel werden die Ohmschen Spannungs[fä]lle in der Erdung betrachtet. Die Ungleichmäßigkeit des Erdreiches ist im sechsten Kapitel besprochen. Im siebenten Kapitel werden die Verhältnisse bei zeitlichen Feldschwankungen untersucht, im achten Kapitel die Gleichungen für quasistationäre Erdströmungen aufgestellt. Für die Erdtelegraphie und die drahtlose Telegraphie ist besonders wichtig das neunte Kapitel. Das zehnte behandelt den Einfluß der Erdströme auf den dauernden Erdschluß in Starkstromnetzen, das elfte elektromagnetische Ausgleichvorgänge in der Erde und das zwölfte die Erwärmung von Erdern. Das Buch ist mit sehr vielen Beispielen und einem umfangreichen Schrifttumverzeichnis ausgestattet. Es ist das erste Mal, daß das Gebiet der Erdströme derart ausführlich und streng mathematisch beschrieben wurde. [E 1742]

Dr. F. Noack

Sammlung Göschen, 976. Bd.: **Der Betonstraßenbau.** Von W. Petry. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 112 S. m. 49 Abb. Preis 1,50 *RM*.

Schaffung durchgehender Automobilstraßen, Schlüpfrigkeit (z. B. des Asphaltes), Staub- und Geräuschbelästigung, Einbeziehung des Sommerweges in die Straßendeckung, Welligkeit der Straße, zweckmäßige Herstellung und Erhaltung der Decke, Trag- und Deckschicht, Bewegungsfugen usw. — all das sind heute Fragen von besonderer technischer und wirtschaftlicher Bedeutung. Wenn daher der Verfasser die bei dieser Bauweise bis heute gesammelten Erfahrungen in übersichtlicher und handlicher Weise darlegt, so ist dies sehr zu begrüßen.

Der an der Hand von zahlreichen Abbildungen eingehend gegebenen Beschreibung einzelner seit 1925 gebauter deutscher Betonstraßen (S. 37 bis 97) und einer Zusammenstellung deutscher Betonstraßen von 1924 bis 1926 geht ein geschichtlicher Rückblick über Betonstraßen in Deutschland bis 1920, ein Überblick über nordamerikanische Ausführungen, eine Zusammenfassung allgemeiner Gesichtspunkte und — besonders wertvoll — ein Abschnitt über neuzeitliche Baumaschinen für Betonstraßen voraus. Die Einzelausführungen ergänzen die allgemeineren zu einem recht vollständigen, von hoher Warte gegebenen Bild. [E 1764] Es.

Deutsches Museum. Abhandlungen und Berichte: **Die Entwicklung des deutschen Bergbaues.** Von A. Schwemann. Berlin 1928, VDI-Verlag. 20 S. m. 13 Abb. Preis 1 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 0,90 *RM*.

In kurzer, gedrängter Form bringt die Rede Schwemanns, die er bei der Jahresfeier des Deutschen Museums gehalten hat, die kennzeichnenden Hauptpunkte aus der Entwicklung des deutschen Bergbaues. Er begann mit Eisen, Silber, Blei, Kupfer und Salz, zu denen erst im 12. Jahrhundert in ganz unbedeutendem Umfange die Kohle hinzukam. Die großen Schwierigkeiten, die bei der Gewinnung der Erze und Kohlen zu überwinden waren, sind klar herausgearbeitet; gestreift werden die Gesetze, die dem Bergbau zum Aufblühen verhalfen. Zum Schluß werden die noch zu lösenden Aufgaben umrissen. [E 1853] Gw.

75 Jahre Schwartzkopff. Herausgegeben von der Berliner Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals L. Schwartzkopff, Berlin zum 3. Oktober 1927. Berlin 1927, Selbstverlag. 240 S. m. Abb. Preis 5 *RM*.

Dem weitblickenden Gründer Louis Schwartzkopff, der dieses Unternehmen im Jahre 1852 als „Eisengießerei und Maschinenfabrik von L. Schwartzkopff" ins Leben gerufen hat, seiner Tatkraft und seinem Wirken, hat die Denkschrift hier ein würdiges Denkmal gesetzt. Aus den vielen Abbildungen läßt sich der ständige Aufstieg der Firma ersehen, ihren Weltruf begründete sie mit der Aufnahme des Lokomotivbaues im Jahre 1866. Die 1870 in eine Aktiengesellschaft umgewandelte Firma verfügt heute über mehrere große Werke, in denen alle möglichen technischen Erzeugnisse hergestellt werden.

Die führenden Männer der Firma werden durch kurze Lebensbeschreibungen gewürdigt. Die geschmackvolle Aufmachung der Denkschrift verleiht ihr einen künstlerischen Wert, ihr Inhalt bedeutet eine wertvolle Bereicherung der Geschichte der Technik. [E 1803] Ro.

Übersicht über Kinematik, Mechanismus und Vorschaltgetriebe. Von H. J. Knab, Nürnberg 1928, Selbstverlag. 127 S. m. 935 Abb. Preis 9,50 *RM*.

Der Verfasser legt eine sehr brauchbare Zusammenstellung einer großen Zahl von Getriebetypen vor. Das Buch kann als umfassende Parallele zu den vom Ausschuß

für wirtschaftliche Fertigung (AWF) begonnenen Getriebedarstellungen angesehen werden. Wie der Verfasser selber sagt, ist bei den dargestellten Getrieben nicht Rücksicht genommen darauf, ob sie sich schon bewährt haben oder nicht; ist es doch gerade bei Getrieben immerhin möglich, daß die eine oder andere Konstruktion, die bislang unbeachtet blieb, mit geringer Abweichung in einem neuen Fall Verwendung finden kann. [E 1805] Dr. A.

Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln. Aufgestellt und herausgeg. von dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel, und dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik (Ausschuß IX). 5. Aufl. Düsseldorf 1928, Verlag Stahleisen. 91 S. m. 9 Abb. Preis 5 *RM*.

Die neue Auflage bringt eine große Reihe von Verbesserungen in allen Abschnitten. Manche Vorschriften hat man, den gesteigerten Ansprüchen der Technik folgend, verschärft, andre dagegen ermäßigt. Der Teil B enthält drei neue Tafeln: Öl für Feinmechanik und Uhrwerke, Wälzlagerfett und Getriebefett. Die Bearbeiter haben den Teil C vollständig umgestaltet, wobei Erzeuger, Verbraucher und Wissenschaftler gemeinsam mitgewirkt haben. Sie haben je eine Vorschrift zur Bestimmung der Teerzahl und des Gehaltes an Ausscheidungen bei Steinkohlen-Schmierölen aufgenommen. Das gemeinfaßlich dargestellte Handbuch sollten alle, die mit Einkauf, Verwendung oder Prüfung von Ölen und Fetten zu tun haben, besitzen.
[E 1839] Gw.

Rundschau für den gewerblichen Rechtsschutz. Bearb. von Hilliger. Jg. 1927. Berlin-Charlottenburg 1927, Schubert & Co. Preis 5 *RM* jährl. Inland; 7 *RM* jährlich Ausland.

Der erste Jahrgang dieser Rundschau liegt seit Anfang des Jahres vor. Es war die Absicht des Herausgebers, in diesen Blättern in der knappen Form einer Zeitschriftenschau monatlich einen Überblick über Schrifttum und Rechtsprechung auf dem Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes zu geben. Diese Absicht ist, wie die Hefte des vorliegenden ersten Jahrganges zeigen, voll verwirklicht worden. Die Blätter geben dem in der Praxis stehenden Ingenieur ein Mittel an die Hand, sich schnell einen Einblick auch in diejenigen Gebiete zu verschaffen, die ihn nicht unmittelbar berühren. Besonders wertvoll sind auch die kurzen Angaben aus dem Auslande. Das Stichwortverzeichnis am Schluß des Jahrganges gibt eine bequeme Möglichkeit zur Auffindung der gebrauchten Hinweise. [E 1771]

Zur Frage der internationalen Güterzugbremse. Von Roland Zehnder. Lausanne 1927, Librairie F. Rouge & Cie. 73 S. m. 25 Abb. Preis 4,50 Fr.

Allgemeine Gesichtspunkte sowie Gegenüberstellung und Vergleichung der hauptsächlichsten Bremssysteme.

Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. Von Alfred Bothe. Berlin 1928, Julius Springer. 164 S. m. 116 Abb. u. 18 Taf. Preis 32 *RM*.

Sammlung Göschen. 989. Bd.: **Bahnhofsanlagen.** 1. T.: [...] gemeine Anordnung; Entwicklung der Gleisanlagen. [...] H. Wegele. Berlin und Leipzig 1928, Walter de G[...]ter & Co. 141 S. m. 92 Abb. und 1 Taf. Preis 1,50 [...]

Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft. 1[...] 9. Bd. Hamburg 1928, Verlag der Hafenbautechnis[...] Gesellschaft E. V. F. d. Buchhandel: VDI-Verlag, Be[...] 233 S. m. Abb. Preis 25 *RM*.

Deutsches Museum. Abhandlungen und Berichte: **Lud[...] Franzius.** Von G. de Thierry. Berlin 1928, VDI-[...]lag. 33 S. Preis 1 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 0,90 [...]

Sammlung Göschen, 962. Bd.: **See- und Hafenbau.** [...] Franz Franzius und Karl Bökemann. Berlin [...] Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 152 S. m. 100 [...] Preis 1,50 *RM*.

Meereskunde 16. Bd., 3. H.: **Vom Segelschiff zum R[...]schiff.** Von Heinrich Croseck. Berlin 1928, E. S. [...]ler & Sohn. 39 S. m. 48 Abb. Preis 1 *RM*.

Die nutzbaren Mineralien mit Ausnahme der Erze und [...]len. Von Bruno Dammer und Oskar Tietze. 2. [...] Bearb. von Bruno Dammer. 2. Bd. Stuttgart 1928, [...]dinand Enke. 785 S. m. 128 Abb. Preis 50 *RM*.

Chemie und Technik der Gegenwart. 9. Bd.: **Techni[...] Gase.** Ihre Herstellung und ihre Verwendung. [...] Franz Muhlert und Kurt Drews. Leipzig 192[...] Hirzel. 416 S. m. 196 Abb. Preis 24 *RM*.

Betriebswirtschaftliche Abhandlungen 9. Bd.: **Theorie [...] Lohnstruktur.** Von Erich Kosiol. Stuttgart 1928, [...] Poeschel. 105 S. m. 22 Abb. Preis 6,50 *RM*.

Die Verhandlungen und Untersuchungen der Preußis[...] Seilfahrt-Kommission. 5. H. 1928. Berlin 1928, Ern[...] Sohn. 196 S. (Sonderheft d. Zeitschrift für das B[...] Hütten- und Salinenwesen im Preuß. Staate.) [...] 12,60 *RM*.

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern [...] Verhandlungen aus dem Jahre 1927. **Bericht über [...] 68. Jahresversammlung in Kassel am 15., 16. und 17.** [...] 1927. München 1928, R. Oldenbourg. 118 S. m. 64 [...] Im Buchhandel nicht erhältlich. (Kostenlos.)

Jahresbericht des Vereins für die bergbaulichen Intere[...] Essen, für das Jahr 1927. Abgeschl. April 1928. 1[...] m. 7 Abb. Erscheint nicht im Buchhandel.

Erdgestaltung und Erdgeschichte. Von Georg Gür[...] Leipzig 1928, Max Jänecke. 274 S. m. 59 Abb. [...] 11,40 *RM*.

Aufbau und Entwicklungsmöglichkeiten der europäis[...] Elektrizitätswirtschaft. Herausgeg. vom Bankh[...] Schwarz, Goldschmidt & Co. Berlin 1928. 511 S[...] Abb. Preis 15 *RM*.

Grundfragen der Wirtschaft. Von Paul Meesm[...] Mainz 1928, Verlag des Mittelrheinischen Fabrika[...]vereins. 140 S. Preis 3 *RM*.

Lehrbuch der russischen Sprache i. d. neuen Orthogra[...] Von Jakow Trachtenberg. 1. u. 2. T. Berlin [...] J. Trachtenberg. 232 S. Preis 5,50 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

Bd. 72 SONNABEND, 25. AUGUST 1928 Nr. 34

Maschinen für die Festigkeitsprüfung metallischer Werkstoffe

Von W. Deutsch und G. Fiek, Berlin-Dahlem

Beschreibung vieler gelegentlich der Werkstoffschau gezeigter Maschinen für Zug-, Druck-, Biege- und Schlagversuche. — Erläuterung der Bauart und Wirkungsweise.

Der Betrieb des Prüffeldes auf der Werkstoffschau 1927 hat mit der Vorführung der Verfahren auch einen Überblick über das Gebiet des Prüfmaschinenbaues gegeben. Für die Ausführung von Festigkeitsprüfungen war eine Auswahl von Maschinen und Geräten vertreten, die etwa das Gebiet der statischen Festigkeitsversuche, der Schlagversuche, Härteprüfungen, Dauerversuche, der technologischen Prüfungen und der Abnutzungsversuche deckte[1]).

Fast ausschließlich ließen die gezeigten Bauarten erkennen, daß die Prüfmaschinenindustrie bestrebt ist, gefällige Form mit sachlich einwandfreier Ausführung zu vereinen und alle möglichen Erleichterungen für Bedienung und Wartung der Maschinen zu schaffen. So sind z. B. Schnellspannköpfe für Zugversuche mehrfach in hervorragender Weise durchgebildet. Weiter sind Dehnungsmesser, Schaubildzeichner, Belastungszähler, Geschwindigkeitsmesser an den Zerreißmaschinen und Tiefenmesser an den Härteprüfmaschinen mehr als früher vertreten. Man kann sich aber bei der großen Fülle dieser Hilfsvorrichtungen des Eindruckes nicht erwehren, daß man in dem Streben, allen Anforderungen der Abnehmer nach selbsttätigen Anzeigern und andern Hilfsvorrichtungen entgegenzukommen, etwas zu weit ginge. Die Maschinen und Geräte werden dadurch unübersichtlich und verwickelt, und die Hilfseinrichtungen erschweren ihre Instandhaltung und Überwachung. Sie haben außerdem den Nachteil, daß der Benutzer der Maschine sich beim Versuch auf die Anzeigen der Hilfseinrichtungen verläßt und sich nach ihnen richtet, anstatt durch unmittelbare Beobachtung oder durch Messungen am Probestab sich von den Vorgängen beim Versuch zu überzeugen.

Ihrem überragenden Verwendungsbereich entsprechend ist der Zerreißmaschine, häufig auch als Universalmaschine ausgebildet, die meiste Beachtung zu schenken. Bei ihr treten auch Kraftantrieb und Lastmessung in ihren Hauptformen am deutlichsten und vielseitigsten auf; die meisten Erfahrungen zur Bewertung verschiedener Bauarten liegen bei diesen Maschinen vor.

[1]) Aufsätze über Einrichtungen für technologische Versuche, Härteprüfungen und Dauerversuche folgen.

Zerreißmaschinen

Je nach dem Verwendungszweck, dem Kraftbereich und der Vorliebe des Erbauers findet man bei den Maschinen für statische Festigkeitsuntersuchungen Druckwasser-, elektrischen oder Handantrieb. Häufig hat man auch Hand- und elektrischen Antrieb an einer Maschine eingebaut. Die Kräfte werden meist durch Waagen, und zwar durch Laufgewichts- oder Pendelwaagen, außerdem durch Meßdosen und durch die Bestimmung des Flüssigkeitsdrucks im Arbeitszylinder gemessen. In vereinzelten Fällen kuppelt man die Laufgewichtwaage mit einer Meßdose, um gleichzeitig Schaubilder beim Versuch selbsttätig aufzeichnen zu können und um eine bequemere Beobachtung der Belastungsvorgänge beim Versuch zu haben, als es mit der Laufgewichtswaage allein möglich ist. Bei dieser ist das ständige Imgleichgewichthalten der Waage schwierig; und es kann vorkommen, daß kritische Punkte, wie die Streckgrenze und die Zerreißlast, nicht einwandfrei gefaßt werden, wenn man Kraftantrieb und Lastmessung nicht im Einklang hält.

Die meisten Zugfestigkeitsmaschinen sind neuerdings mit Schnellspannköpfen ausgerüstet, die besonders bei Reihenprüfungen erheblichen Zeitgewinn bringen. Vielleicht wären die Vorrichtungen noch dahin zu verbessern, daß man, wie es bei der Prüfung harter Bleche besonders notwendig ist, die Proben vor Aufbringung der Last festspannen kann. Ein Nachteil besonders durchgebildeter Köpfe zeigte sich übrigens schon während der Durchführung der Versuche auf der Prüfschau. Das Umstellen mancher Maschinen für andre Versuchslängen oder abweichende Stabformen ist wegen der zu geschlossenen Bauart der Maschinen unbequem.

Abb. 1
Universal-Prüfmaschine mit elektrischem Antrieb und Neigungswaage, Bauart Mohr & Federhaff (vergl. Abb. 2).

Die Prüfmaschine nach Abb. 1 und 2 ist als Universalmaschine mit elektrischem Antrieb und Neigungswaage durchgebildet. Die Zugkraft wird durch den Stab auf das Hebelsystem und von hier durch Zugstange und Hebel auf das von der Maschine getrennt stehende Pendel übertragen, dessen Ausschlag das Maß für die Belastung ist. Das Pendel wirkt durch Zahnstange und Zahnrad auf den Zeiger der Lastanzeige, deren Skala in Kilogramm geteilt ist. Die Pendelgewichte können für

Abb. 2
Universal-Prüfmaschine mit Neigungswaage und mechanischem Antrieb (vergl. Abb. 1).

a Probe für Zugversuch
b „ „ Stauchversuch
c „ „ Biegeversuch
d Neigungswaage *e* Antrieb

Abb. 5
Zerreißmaschine mit Druckflüssigkeitsantrieb und Neigungswaage (vergl. Abb. 4).

a Probe
b Druckflüssigkeit
c Neigungswaage

Abb. 6
Universal-Prüfmaschine mit Laufgewichtswaage und Meßdose, Bauart Mohr & Federhaff.

a Zugprobe
b Druckprobe
c Laufgewichtswaage

Abb. 10
Zerreißmaschine mit Neigungswaage und mechanischem Antrieb (vergl. Abb. 9).

a Probe
b Pendelwaage

$^1/_1$, $^1/_2$ und $^1/_{10}$ der Höchstlast ausgewechselt werden, so daß die Kraftmessung auch für kleinere Kräfte voll ausgenutzt wird. Eine Einrichtung zum selbsttätigen Aufzeichnen des Zerreißdiagrammes ist eingebaut. Der elektrische Antrieb wird durch Reibungsvorgelege in üblicher Weise geregelt, die Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine an einer Skala in mm/min Streckgeschwindigkeit angezeigt. Die Maschine kann man beim Einstellen bestimmter Laststufen durch einen Handhebel, der in Mittelstellung den Motor entkuppelt, plötzlich stillsetzen.

Der Pumpensatz, Abb. 3, für den Druckwasserantrieb der Maschine, Abb. 4 und 5, besteht aus einer zweikolbigen Hochdruckpumpe mit angebautem Druckluftspeicher, aus dem die Preßflüssigkeit mit beliebiger Geschwindigkeit entnommen und durch eine Druckleitung dem Maschinenzylinder zugeführt wird. Die Belastung kann durch Steuerventile so geregelt werden, daß sowohl mit größten als auch mit kleinsten Geschwindigkeiten ge-

Abb. 8
Universal-Prüfmaschine mit Pendelwaage (vergl. Abb. 7).

a Zugprobe
b Druckprobe
c Biegeprobe
d Pendelwaage
e Antrieb

Abb. 3
Pumpensatz mit Druckluftspeicher.

Abb. 4
Zerreißmaschine mit Druckflüssigkeitsantrieb und Neigungswaage, Bauart Mohr & Federhaff (vergl. Abb. 5).

a Probe
b Neigungswaage

Abb. 11
Zerreißmaschine mit Handantrieb und Neigungswaage, Bauart Schopper.

a Probe
b Neigungswaage
c Drosselventil
d Schwerkraftkolben

Abb. 12
Zerreißmaschine mit Schwerkraftantrieb und Neigungswaage, Bauart Schopper.

...arbeitet werden kann. Bei der früheren normalen Ausführung der Maschine mit Laufgewichtswaage ist neuerdings außer der Waage noch eine Meßdose mit Manometer und Schaubildzeichner eingebaut, Abb. 6, so daß entweder die Kraftmesser zusammen oder getrennt für die Anzeige benutzt werden können.

Die Universal-Prüfmaschine, Abb. 7 und 8, wird durch zwei Schrauben-Leitspindeln mit Muttern, die das untere Querhaupt der Maschine aufwärts und abwärts bewegen, angetrieben. Die Spindeln werden durch eine neuartige Verbindung von Elektromotor und Flüssigkeitsgetriebe bewegt. Hiermit kann man jede Arbeitsgeschwindigkeit zwischen null und einem Höchstwert regeln, die Bewegungsrichtung umkehren und die Last abschalten. Daneben ist auch der Handantrieb vorgesehen. Die Belastungen werden mit Neigungswaage gemessen, deren Ausschlag auf ein Zeigerwerk übertragen und auf einer Skala in kg angezeigt wird. Der Ausschlag des Pendels ist so gering, daß für den Rückschlag beim Bruch der Probe ein Gummipuffer genügt, und die sonst bei Pendelwaagen meist erforderliche Sperrklinke mit ihren Fehlerquellen vermieden wird. Für Zugversuche dienen Schnellspannköpfe, deren oberer in einem Querhaupt am Hebelsystem der Waage hängt. Für Druck- und Biegeversuche ist unterhalb des unteren Querhauptes ein Balken mit zwei Zugstangen am oberen Querhaupt angehängt, so daß die Druck- und Biegungsbelastung durch die Zugstangen ebenfalls auf die Waage übertragen und so mit gleicher Genauigkeit gemessen wird.

Eine kleinere Ausführung der Maschine für 3 t Zugkraft mit elektrischem Antrieb oder Handbetrieb, Abb. 9 und 10, eignet sich besonders für Zugversuche an Drähten und dünnen Blechen. Für noch geringere Kräfte (200 und 3 kg Höchstlast) sind die Bauarten mit Handantrieb, Abb. 11, und Schwerkraftantrieb, Abb. 12, ausgerüstet.

Abb. 13 und 14 zeigen eine Universalmaschine für 50 t Höchstlast. Der Elektromotor betätigt zwei Zugspindeln, die das mittlere Querhaupt beim Belasten abwärts bewegen. Die Zugkräfte wirken auf den als Maschinenhaube ausgebildeten Haupthebel und werden an einer Laufgewichtswaage gemessen. Druckkräfte werden zwischen dem bewegten und dem mit zwei Stangen am oberen Querhaupt aufgehängten unteren Querhaupt (Biegebalken) ausgeübt und wirken im gleichen Sinne wie die Zugkräfte auf die Waage. Das Laufgewicht ist zweiteilig. Nach Abnahme des einen Teiles kann die Waage innerhalb des ersten Zehntels der Höchstlast unter Ausnutzung des ganzen Waagebalkens verwendet werden.

Für Zugversuche mit Seilen, Riemen und Ketten dienen die liegenden Zerreißmaschinen, Abb. 15 bis 18. Beide Maschinen haben elektrischen Antrieb mit Reib-

Abb. 7
Universal-Prüfmaschine mit mechanischem Antrieb und Druckflüssigkeitsregelung, Bauart Schopper (vergl. Abb. 8).

RZ1468Z9

Abb. 9
Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Neigungswaage, Bauart Schopper (vergl. Abb. 10).

Abb. 14
Universal-Prüfmaschine mit mechanischem Antrieb und Laufgewichtswaage (vergl. Abb. 13).

a Probe
b Laufgewichtwaage
c Antrieb

a Probe
b Laufgewichtwaage
c Antrieb

Abb. 16
Liegende Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Laufgewichtswaage (vergl. Abb. 15).

Abb. 13
Universal-Prüfmaschine mit mechanischem Antrieb und Laufgewichtswaage, Bauart Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (vergl. Abb. 14).

Abb. 17
Liegende Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Meßdose, Bauart Losenhausen (vergl. Abb. 18).

getriebe zum Regeln der Streckgeschwindigkeit. Die Kraft wird mit Laufgewichtswaage oder Meßdose gemessen. Besondere Sorgfalt ist auf die Ausbildung zweckdienlicher Einspannteile für die verschiedenartigen Proben verwendet.

Bei den Prüfmaschinen, Abb. 19 und 20, die mit Laufgewichtswaagen und Meßdosen ausgerüstet sind, ist die Waage in einen besonderen Schutzkasten eingebaut, damit die empfindlichen Teile gegen Staub und Beschädigung geschützt werden. Das Laufgewicht wird durch den Zahnradantrieb auf dem Waagebalken verschoben, und sein Stellung kann auch an einem Zählwerk als Belastun der Maschine abgelesen werden. Für die genauere E mittlung kleiner Kräfte kann man das Laufgewicht durc Drehung eines Griffes am Waagenhebel abheben, so da die Waage dann mit $^1/_{10}$ des Gewichtes arbeitet.

Abb. 15
Liegende Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Laufgewichtswaage, Bauart Mohr & Federhaff (vergl. Abb. 16).

Abb. 18
Liegende Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Meßdose (vergl. Abb. 17).
a Probe *b* Meßdose *c* Antrieb *d* Schnellverschiebung

Abb. 20
Universal-Prüfmaschine mit mechanischem Antrieb, Laufgewichtswaage und Meßdose (vergl. Abb. 19).
a Proben *b* Meßdose mit Manometer
c Laufgewichtswaage *d* Ausgleichwaage
e Antrieb

Abb. 22
Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Neigungswaage (vergl. Abb. 21).
a Probe
b Neigungswaage
c Antrieb

Abb. 24
Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Meßdose (vergl. Abb. 23).
a Probe
b Meßdose
c Antrieb

Bei elektrischem Antrieb mit Reibvorgelege wird die Streckgeschwindigkeit an einem Tachometer beobachtet. Bei der vereinigten Kraftmessung wirkt die Belastung außer auf die Waage auch auf eine Meßdose, so daß eine Anzeige am Manometer und die selbsttätige Aufzeichnung eines Schaubildes möglich wird. Bei dieser Anordnung kann man den Versuchsverlauf leicht verfolgen, man muß allerdings die unübersichtlichere Bauart der Maschine und die Notwendigkeit, zwei Kraftmesser zu überwachen, in den Kauf nehmen.

Kleine Maschinen für Zugversuche an Drähten und Blechen zeigen Abb. 21 bis 24. Der Antrieb ist elektrisch oder mit Hand, die Kraft wird mit Neigungswaage oder Meßdose gemessen. Die Belastung wird bei der kleineren Maschine nach dem Ausschlag des Pendels ge-

Abb. 19
Universal-Prüfmaschine mit mechanischem Antrieb, Laufgewichtswaage und Meßdose, Bauart Losenhausen (vergl. Abb. 20).

Abb. 21
Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Neigungswaage, Bauart Losenhausen (vergl. Abb. 22).

Abb. 25
Universal-Prüfmaschine mit Druckflüssigkeitsantrieb und Zylinderdruckmessung mit Manometer, Bauart Krause.

Abb. 23
Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Meßdose, Bauart Losenhausen (vergl. Abb. 24).

messen, der auf ein Zeigerwerk mit Kreisteilung übertragen wird. Bei der größeren Bauart wirkt die Zugkraft unmittelbar auf eine Meßdose. Beide Maschinen sind mit Schnellspannköpfen und Dehnungsmessern ausgerüstet und daher recht handlich im Gebrauch.

Während bei den meisten hydraulisch angetriebenen Maschinen der Kolben im Zylinder durch Manschetten abgedichtet wird, zeigt die Prüfmaschine nach Abb. 25 und 26

Abb. 26
Universal-Prüfmaschine mit Druckflüssigkeitsantrieb und Pendelmanometer, Bauart Krause.

Abb. 28
Universal-Prüfmaschine mit Druckflüssigkeitsantrieb und Pendelmanometer, Bauart Amsler (vergl. Abb. 27).

a Proben
b Pendelmanometer
c Druckflüssigkeit
d Arbeitszylinder (Abb. 26)

Abb. 27
Universal-Prüfmaschine mit Druckflüssigkeitsantrieb und Pendelmanometer, Bauart Amsler (vergl. Abb. 28).

Abb. 30
Druckpresse mit Druckflüssigkeitsantrieb und Zylinderdruckmessung mit Manometer, Bauart Laboratorium für Tonindustrie (vergl. Abb. 31).

inen eingeschliffenen Kolben. Als Druckflüssigkeit ient Öl, das durch eine elektrisch angetriebene Pumpe uf Spannung gebracht wird. Das Öl wird in einem ruckwindkessel aufgespeichert und von diesem durch entile in den Arbeitszylinder der Maschine geitet, der mit Manometern oder einem Pendelmanometer ur Messung der Kolbenkraft verbunden ist. Der Kolben ewegt sich aufwärts aus dem Zylinder heraus und überägt seine Kraft durch ein pendelnd auf ihm ruhendes uerhaupt mit Zugstangen auf den oberen Einspannkopf. wischen diesem und dem unteren festen Einspannkopf erden auf diese Weise Zugkräfte und gegen die feste ruckplatte am unteren Zylinder Druckkräfte ausgeübt.

Bei der Prüfmaschine nach Abb. 27 und 28, die ebenlls mit eingeschliffenem Kolben ausgerüstet ist, arbeitet e Pumpe im Kreislauf und gibt je nach Einstellung des euerventils Druck auf den Zylinder, während das örige Öl wieder zum Pumpenkasten zurückfließt. Der rbeitszylinder steht durch Rohrleitung mit einem einen Meßzylinder mit gleichfalls eingeschliffenem olben in Verbindung, der zur Verringerung der Reiıng selbsttätig um seine Achse gedreht wird. Der Kolben wirkt auf ein Pendel, dessen Ausschlag auf ein Zeigerwerk mit Kreisteilung übertragen wird. Der Zeiger gibt die Belastung in kg an (Pendelmanometer).

Abb. 29
Zerreißmaschine mit mechanischem Antrieb und Federwaage, Bauart Spieß.
a Probe
b Ausgleichgewicht
c Kraftanzeiger
d Feder
e Antrieb

Abb. 32
Druckpresse für Knickversuche, Bauart Losenhausen.
a Probe
b Meßdose
c Meßdosenmanometer
d Manometer
e Druckflüssigkeit

Abb. 33
Prüfmaschine für Biegeversuche; Handantrieb und Laufgewichtswaage, Bauart Mohr & Federhaff (vergl. Abb. 34).

Ein anderes Verfahren der Kraftmessung ist bei der Prüfmaschine nach Abb. 29 angewendet. Der Waagenhebel ist durch eine Zugstange mit einer am Maschinengestell befestigten Meßfeder verbunden. Infolge der auf den Probestab ausgeübten Zugkraft schlägt der Waagenhebel aus und die Meßfeder dehnt sich. Die Bewegung wird durch Schnurzug auf den Zeiger der Lastanzeige übertragen. Die Kraftmessung kann mit der an der Maschine angebrachten Überprüfeinrichtung bis zur Höchstlast leicht überwacht werden. Hierfür wird eine Anzahl von Gewichten an eine Zugstange des Waagenhebels angehängt und die dem Übersetzungsverhältnis entsprechende Dehnung der Meßfeder festgestellt. Um beim Bruch der Probe Schläge in der Waage zu vermeiden, ist an der Feder eine Dämpfung angeordnet.

Druckpressen

Ein Teil der Zerreißmaschinen und die Universalmaschinen sind zur Ausführung von Druckversuchen eingerichtet. Die eigentlichen Druckpressen zeigen meist die für Baustoffpressen verwendeten Formen, Abb. 30 und 31. Die Kraft wird hier durch Ermittlung des Flüssigkeitsdruckes im Arbeitszylinder gemessen. Wegen der Einflüsse der Manschettendichtungen verwendet man stets Eichtafeln, um bei bestimmtem Flüssigkeitsdruck die wirkende Druckkraft einwandfrei festzustellen.

Mittels der Druckpresse, Abb. 32, kann man infolge ihrer Bauhöhe auch Knickversuche an großen Proben ausführen. Der Arbeitszylinder liegt unten. Zur Kraftmessung, auch für kleinere Kräfte, dient die im oberen Querhaupt liegende Meßdose. Das Druckwasser wird mit einer zweiklobigen Handpreßpumpe erzeugt. Ein elektrischer Antrieb ist mit der Handpumpe so verbunden, daß man zwischen den Antrieben wechseln kann, ohne den Motor stillzusetzen.

Abb. 31
Druckpresse mit Druckflüssigkeitsantrieb und Zylinderdruckmessung mit Manometer (vergl. Abb. 30).
a Probe
b kugelige Lagerung
c Kolben
d Manometer
e Druckflüssigkeit

Abb. 34
Prüfmaschine für Biegeversuche; Handantrieb und Laufgewichtswaage (vergl. Abb. 33).
a Probe *b* Laufgewichtswaage *c* Antrieb

Abb. 35
Prüfmaschine für Biegeversuche; Handantrieb und Zylinderdruckmessung, Bauart Krupp.
a Probe
b Druckmesser
c Durchbiegungsanzeige
d Antrieb

Abb. 36
Prüfmaschine für Biegeversuche; mechanischer Antrieb und Meßdose, Bauart Losenhausen.
a Probe
b Meßdose
c Antrieb

Abb. 40
Verdrehungs-Prüfmaschine, Bauart Mohr & Federhaff (vergl. Abb. 41 und 42).

Biegemaschinen

Neben den auch für Biegeversuche eingerichteten Universalmaschinen gibt es auch, meist für die Prüfung von Gußeisen, besondre Biegemaschinen, die im allgemeinen für Stützweiten bis zu 1000 mm gebaut werden. Die drei im folgenden beschriebenen Prüfmaschinen haben Handantrieb. Bei der Maschine nach Abb. 33 und 34 wird der ganze Oberteil abwärts bewegt, dessen Druckstück unten auf die Probe und am oberen Ende auf das Hebelsystem der Laufgewichtswaage wirkt. Bei der Maschine nach Abb. 35 wird die Kraft am Flüssigkeitsdruck im Zylinder gemessen, dessen Kolben als Druckstück wirkt. Da man die geringe Volumenänderung der Druckflüssigkeit im Zylinder vernachlässigen kann, wird die Durchbiegung der Probe an der Verschiebung des Druckstückes gegen das Auflager gemessen, und zwar an der Bewegung eines in dem hohlen Druckstück geführten Stiftes. Damit werden

Abb. 37
Verdrehungs-Prüfmaschine, Bauart Losenhausen (vergl. Abb. 38).

Abb. 38 und 39
Verdrehungs-Prüfmaschine (vergl. Abb. 37).
a Probe *b* Kraftmeßvorrichtung *c* Antrieb

Abb. 41 und 42
Verdrehungs-Prüfmaschine (vergl. Abb. 39).
a Probe *b* Einspannkopf *c* Laufgewichtswaage *d* Antrieb

eßfehler vermieden, die aus Verdrückungen der Probe ı der Belastungsstelle entstehen. Bei der Maschine nach bb. 36 wird die Kraft durch Umführungsgestänge auf ie oben liegende Meßdose übertragen.

Verdrehungsmaschinen

Verdrehungsprüfmaschinen mittlerer Abmessungen zeign Abb. 37 bis 42. Bei der Maschine nach Abb. 37 bis 39 ırkt die durch elektrischen Antrieb verdrehte Probe *a* ıf den zweiten Einspannkopf, der bei *b* die Kraftmeßırrichtung trägt. Das Drehmoment wird mittels Hebelanes auf eine Meßdose übertragen. Die für ein Drehıment von 15 000 cm/kg gebaute Maschine, Abb. 40 bis 42, ıt ebenfalls mechanischen Antrieb. Das Drehmoment ırd am Einspannkopf *b* mit Laufgewichtswaage gemessn. Beide Maschinen sind mit Schaubildzeichnern ausgrüstet.

Schlagwerke

Schlagversuche führt man mittels Fallwerken, bei den ein Fallbär an senkrechten Führungen gleitet, ul Kerbschlagversuche mittels Pendelschlagwerken drch. Für Schlagleistungen zwischen 60 cmkg und 3mkg unterscheiden sich die Pendelschlagwerke, Abb. 43, e entlich nur durch ihre Abmessungen. Das Pendel w d mit der Hand in die Ausgangstellung angehoben ul nach dem Durchschlagen der Probe beim Rückgange

Abb. 44
Pendelschlagwerk mit Vorrichtung für Schlagzugversuche, Bauart Losenhausen.

Abb. 45
Pendelschlagwerk für 75 mkg, Bauart Mohr & Federhaff.

Abb. 46
Pendelschlagwerk für 75 mkg, Bauart Losenhausen.

Abb. 43
Pendelschlagwerk.

a Probe
b Schleppzeiger
c Winkelmesser
d Pendelhammer

Abb. 47
Izod-Pendelschlagwerk.

a Probe
b Pendelhammer
c Schleppzeiger
d Winkelmesser

Abb. 48
Schlagwerk mit umlaufendem Hammer, Bauart Guillery.

a Probe
b Messer in Schlagstellung
c Schwungrad

mit einem gegen den Pendelkopf angehobenen Bande gebremst. Für Schlagzugversuche hat man die Auflager erhöht und braucht Zusatzteile für den Pendelkopf, Abb. 44.

Bei größeren Schlagleistungen wird das Pendel meist durch mechanischen Antrieb angehoben. Bei der Maschine, Abb. 45, für 75 mkg nimmt ein mit dem Schneckenrad verschraubter Arm durch eine Klinke den Pendelkopf mit. Hierbei ist die Pendelstange entlastet. Jede Höhenlage kann man einstellen. Die Maschine nach Abb. 46 zeigt einen ähnlichen Antrieb, der jedoch an der Pendelachse angreift; das Pendel kann man in mehreren Höhenlagen festhalten. Die Schlagarbeit und Schlaggeschwindigkeit kann man entsprechend den vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik aufgestellten Grundsätzen einrichten, auch wenn man die bisher übliche Eisenkonstruktion verläßt und gußeiserne Ständer von viel geringeren Abmessungen benutzt.

Der Izod-Schlaghammer, Abb. 47, der hauptsächlich in England verwendet wird, hat eine Schlagleistung von 40 mkg; man verwendet einseitig eingespannte gekerbte Proben. Beim Guillery-Schlagwerk, Abb. 48, wird die Schlagarbeit durch ein Schwungrad erzeugt, das mittels Handkurbel angetrieben wird. Die auf die gekerbte Probe auftreffende Schneide ist in das Schwungrad eingeschoben und schnellt hervor, wenn sie nach Erreichen der notwendigen Umfangsgeschwindigkeit des Schwungrades ausgelöst wird. Den Verlust an lebendiger Kraft infolge Durchschlagens der Probe liest man an einem Tachometer ab. Beide Hämmer benutzt man in Deutschland fast nur bei Abnahmeprüfungen für das Ausland. [B 1468a]

Ausstellung „Heim und Technik“

Die Münchener Ausstellung „Heim und Technik 1928“, die ein unter Führung von Prof. Prinz und Frau Dr. Bäumer stehender Ausschuß unter maßgebender Beteiligung der einschlägigen Industrie zustande gebracht hat, kann als ein wohlgelungener erster Schritt auf dem Wege zur Aufklärung der Hausfrauen über die Mittel bezeichnet werden, die der heutige Stand der Technik für die Führung eines Haushaltes darbietet. Die Zahl der technischen Wissensgebiete, die diese Ausstellung berührt, ist, wie ein Rundgang durch die Haupthalle I lehrt, nicht sonderlich groß: Beleuchtung, Heizung, Kühlung, Warmwasserversorgung und allgemeine Kraftverwendung; dazu kommen noch etwas Chemie und die Bautechnik, die allerdings weniger für die Führung des Haushaltes als für dessen Errichtung in Frage kommen. Einige statistische Darstellungen über die Kostenverteilung verschiedener Haushalte und über den Rückgang der Hilfskräfte in Haushaltbetrieben sind beachtenswert.

Die übrigen Hallen, die Sonderausstellungen für bestimmte Fachgebiete und Sammelausstellungen einzelner Firmen enthalten, sind für die Hausfrau, wenn sie nicht besonders vorgebildet ist, wohl weniger wichtig. Dagegen dürften sie dem Fachmann wertvoll sein; denn kaum irgendwo anders findet er so vollständige Sammlungen der neuesten Einrichtungen für bestimmte Zwecke. Hervorgehoben seien hier die Ausstellung von Warmwasser-Bereitanlagen für feste Brennstoffe, für Gas und für elektrischen Strom, deren Wirkungsweise durch erklärende Lehrtafeln überaus leicht verständlich gemacht ist, ferner die Sammlung verschiedener Waschmaschinen für feste, gasförmige Brennstoffe oder für elektrische Heizung und mit oder ohne elektrischen Antrieb, die Ausstellung von eisernen und Kachelöfen sowie von anderen Heizanlagen, bei denen auch Wert auf Aufklärung über gute und schlechte Eigenschaften sowie über gute und schlechte Bedienung gelegt worden ist, über Unfallverhütung im Hausbetrieb usw. Auf dem Gebiete des Bauwesens dürften auch einige Beispiele von Anwendungen des Sperrholzes oder des Metalls bei der Herstellung von Möbeln und Küchengerät interessieren.

Für den Ingenieur liegt die Frage nahe, ob sich mit solchen Hinweisen auf Anwendungen technischer Einrichtungen, die nach dem heutigen Stande im Haushalt möglich sind, das Problem „Heim und Technik“ bereits erschöpft. Beim Gang durch diese Ausstellung vermißt man vielleicht vor allem eine Antwort auf die Frage, worin der Gewinn — geldlich oder anderweitig — der Anwendungen der Technik im Haushalt liegen soll, unter welchen Voraussetzungen z. B. die elektrische Küche auch dem kleineren bürgerlichen Haushalt Ersparnisse gegenüber dem heutigen Betrieb sichert usw.

Allerdings fehlt es zur Beantwortung dieser Frage noch vielfach an einwandfreien Untersuchungen über die Anforderungen an die Brauchbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Haushaltgerät. Solche Untersuchungen haben z. B. Fachvereine in den Vereinigten Staaten bereits vielfach ausgeführt[1]). Um z. B. die Wirtschaftlichkeit einer Haushalt-Waschmaschine beurteilen zu können, müßte man vor allem feststellen, ob und wie die Wäsche in dieser Maschine bewegt werden muß, wie lange es dauert, bis die Wäsche sauber wird usw. Ähnliches könnte man auch auf andern Gebieten der Haushaltarbeit unternehmen.

Verhältnismäßig wenig bietet ferner die Ausstellung auf dem Gebiet der neueren wissenschaftlichen Betriebsführung, in die sich der Betrieb der Haushaltung, auch wenn er nichts oder nur wenig „erzeugt“, eingliedern lassen müßte. Manche Folgerungen aus betriebswissenschaftlichen Betrachtungen des Haushaltbetriebes sind dabei so durchschlagend, daß ihre Wahrheit auch denen einleuchten muß, die von Wissenschaft sonst nichts wissen mögen.

Für die beteiligte Industrie mag das auf dieser Ausstellung Vorgeführte weiter die Anregung enthalten, Maschinen und andere technische Hilfsmittel für den Haushalt zu schaffen, die vielleicht weniger leistungsfähig als die heute überreichlich bemessenen, aber dafür um so billiger käuflich sind. Es scheint nicht notwendig, daß auch die Industrie der Haushaltmaschinen — ähnlich wie seinerzeit die Kraftfahrzeugindustrie — jahrelang eine Luxusindustrie bleibt, bevor es gelingt, ihre Erzeugnisse auch für den mittleren Haushalt erschwinglich zu machen. Der Weg, den man bei elektrischen oder bei Gasgeräten beschritten hat, nämlich die Anschaffung des Gerätes aus den Strom- oder Gaseinnahmen zu finanzieren, kann dabei nur als eine Lösung für Ausnahmefälle gelten.

Dies alles soll natürlich den Wert der Ausstellung für das angestrebte Ziel nicht vermindern. Der Aufbau der Ausstellung läßt eine Fülle von sorgfältiger und umfangreicher Vorarbeit auf einem ganz neuen Gebiet erkennen. Der Anfang für eine tatkräftige Pflege der Beziehungen zwischen Ingenieur und Haushalt ist gemacht. Man darf hoffen, daß der Gedanke weiterleben und die Zusammenarbeit ausgebaut werden wird. [N 1914] Dr. Heller.

[1]) s. J. M. Witte, Heim und Technik in Amerika. Berlin 1928, VDI-Verlag.

Zeitstudien auf Hüttenwerken

Von Kurt Rummel, Düsseldorf

Vorgetragen am 9. Juni 1928 in der Fachsitzung „Betriebstechnik" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Die Rolle der Zeitstudie im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Rationalisierung. — Methodik betrieblicher Untersuchungen des Ingenieurs. — Beispiele aus der Massenfertigung des Hüttenwesens.

In der Werkstättentechnik des Maschinenbaus und verwandter Gebiete ist die Zeitstudie seit langen Jahren jedem Ingenieur und Kalkulator vertraut und zum unentbehrlichen Werkzeug der Betriebsberatung geworden. Ganz allgemein kann man in der Betriebswirtschaft, sowohl in der Kalkulation wie im Akkordwesen, wie in der erzeugenden Technik, eine Abkehr vom mengenmäßigen Denken zugunsten des zeitmäßigen erkennen. Im Hüttenwesen aber findet die Zeitstudie erst jetzt allmählich mehr Eingang. Dafür mußten wohl Gründe vorliegen, die eine einfache Übertragung der Zeitstudie, wie sie sich in mechanischen Werkstätten entwickelt hat, auf andere Verhältnisse verhinderten. Wenn wir diesen Gründen nachgehen, werden wir vielleicht zu einem erhöhten Standpunkt kommen, der weitere Überblicke über das Tätigkeitsfeld des Betriebswirtschaftlers ermöglicht.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Großbetrieben des Hüttenwesens und dem allgemeinen Maschinenbau wird durch die Worte „Massenfertigung" und „Einzelfertigung" gekennzeichnet, und wie sich hier in der Kalkulation ganz erhebliche Unterschiede ergeben, so sind auch die Betriebstudien etwas anders. Grundsätzlich sei bemerkt, daß die weiter unten folgenden Ausführungen zwar Beispiele bringen, die sämtlich dem Eisenhüttenwesen entnommen sind; indessen gelten sämtliche Betrachtungen für alle Betriebe mit Massenfertigung.

Denken wir uns ein Werk, in dem sich nichts, aber auch gar nichts wiederholt; hier wird man mit Zeitstudien wenig anfangen können; stellt man sich auf der andern Seite den ebenso fast unmöglichen Fall vor, daß auf einem Werk sich irgendein Erzeugungsvorgang jahraus, jahrein immer in der gleichen Weise wiederholt; auch hier bleibt für den Betriebsingenieur, nachdem der Betrieb einmal eingerichtet ist, nicht mehr viel zu tun. Zwischen diesen beiden Polen liegt das ganze Tätigkeitsfeld der technischen Rationalisierung.

Kennzeichnend also ist die Wiederholung und im einzelnen die besondre Art der Wiederholung. Man könnte in der Betriebswirtschaft geradezu von einem „Verfahren des wiederholten Vorganges" sprechen.

Wiederholung ist sowohl das Wesen der Mechanisierung, Typung und Normung, der Kern der Zeitstudie, die Eigenart der Maschine und des Werkzeuges, der Sinn der Gewöhnung, des Anlernens, des Fabrikbetriebes, der Massenfertigung, der Fließarbeit, der Normen, der Industrie überhaupt.

Der Wirtschaftsingenieur eines Hüttenwerkes ging beispielsweise, als er die Verpackung von Drahtstiften wirtschaftlicher machte, so vor, daß er zunächst feststellte, wie häufig jede Sorte vorkam. Er konnte dadurch seine Arbeit weitgehend vereinfachen und schnell Erfolge erzielen. Durch Feststellung der Häufigkeit des Bedarfs an Lagerwaren konnte ein Werk die Lagerbestände je Tonne monatlicher Erzeugung auf weniger als ein Viertel verkleinern.

Das Lochkartenverfahren eignet sich erfahrungsgemäß stets dann, wenn monatlich eine bestimmte, mit dem Gegenstand der Verrechnung wechselnde Mindestzahl von Buchungen auszuwerten ist. Auch hier entscheidet u. a. die Zahl der Wiederholungen über die Wirtschaftlichkeit.

Durch die anders geartete Gleichförmigkeit der Vorgänge unterscheidet sich z. B. die Massenerzeugung in den Großbetrieben der Hüttenwerke von der Einzelfertigung der Maschinenwerkstätten. Hier wechselt zwar das einzelne Stück, nur die Einzelheiten der Arbeit an der Drehbank, der Fräsmaschine usw. wiederholen sich; im Hüttenwesen ist ein Block der Zwillingsbruder des andern. Die Hüttenwerke haben daher schon seit 25 Jahren kontinuierliche Walzenstraßen, Abb. 1, d. h. eine vollständige Fließfertigung, und noch älter ist der kontinuierliche Ofen. Deshalb konnte vielleicht auch die Meinung aufkommen, im Hüttenwesen wäre der Gang der Erzeugung bereits so zwangläufig, daß besondre Zeitstudien nicht mehr erforderlich wären. Aber das ist ein Irrtum. Auch in den Betrieben der Massenfertigung wird stetig an der betriebswirtschaftlichen Verbesserung gearbeitet.

Während in den Großbetrieben des Hüttenwesens im großen und ganzen der Mensch in den Gang der Fertigung ziemlich zwangläufig eingeschaltet ist, ergab sich im Maschinenbau die stärkere Notwendigkeit, von dem Menschen als dem Maß für alle Arbeitsverrichtungen auszugehen. Die Methodik und das Schrifttum mußten sich hierauf einstellen. So entwickelte sich in letzterem ein gewisses Dogma in der Richtung, daß man grundsätzlich von der Tätigkeit des Arbeiters ausging und daß aus diesen Studien allerhand Folgerungen zu ziehen wären, aus denen sich organisatorische und technische Verbesserungen neben der Festsetzung gerechter Akkorde und der Arbeitsvorgabe als „Abfallerzeugnis" ergeben.

Abb. 1
Fließarbeit im Drahtwalzwerk.
Von einem Lagerplatz rutschen die Knüppel auf einen Rollgang, werden durch eine Rostvorrichtung durch den Ofen gesetzt und in sieben Vorgerüsten fließend gewalzt, im Lauf geschnitten; nach vier weiteren Stichen in den Mittelgerüsten folgt eine Teilung nach rechts und nach links zu je sechs Fertiggerüsten, darauf in weiterem ständigem Fluß Kühlung und Abfuhr.

Wenn industrielle Tätigkeit darin besteht, daß Menschen Stoffe an Maschinen bearbeiten, die mit fremder Energie betrieben werden, alles zu dem Zweck wirtschaftlichster Herstellung von Gütern, so ergeben sich als Gebiete der Rationalisierung:

1. die wirtschaftliche Behandlung des Stoffes,
2. die wirtschaftliche Durchdringung des Bearbeitungsvorganges mit seinen Maschinen und Anlagen,
3. die wirtschaftliche Gestaltung körperlicher und geistiger Arbeit,
4. die wirtschaftliche Erzeugung und Verarbeitung von Energie,
5. die Verfolgung aller dieser Vorgänge an der Hand der Selbstkosten und der Kalkulation.

Aus diesen fünf Gesichtspunkten ergeben sich fünf verschiedene Ausgangstore für die Betriebstudie, die sämtlich zu gangbaren Wegen führen.

Die ersten drei Möglichkeiten stehen in einer gewissen Parallele: In einem „stoffintensiven" Betriebe wird man vorzugsweise dem Stoff nachgehen; in einem „lohnintensiven" der menschlichen Arbeit; in einem „kapitalintensiven" dagegen werden sich die Studien stark auf die maschinellen Anlagen und die Apparate einstellen.

Abb. 2
Zeitstudien an einem Thomaswerk.

Auf den Ordinaten sind von oben nach unten die Arbeitszeiten der einzelnen Stellen eingetragen, gestrichelt links die Wege der Gießwagen, rechts der Roheisenwagen, die Pfeile bedeuten gegenseitige Beeinflussung, die zu den durch Schwärzung hervorgehobenen Verlustzeiten führen; breite Streifen bedeuten volle Pfannen und Birnen, schmale Streifen Leerlauf; die arabischen Zahlen geben die Nummern der Schmelze an, die römischen die Nummern der Störungen. Man erkennt die überraschend große Zahl der Störungen eines anscheinend reibungslos sich abwickelnden Betriebes.

Beobachtung der menschlichen Arbeit

Die Verfolgung der menschlichen Arbeit hat unter allen Umständen den großen Vorzug, daß auf diesem Wege — und nur auf diesem Wege — eine gerechte Entlohnung möglich ist. Jeder Akkord beruht auf der Zeit; an die Stelle der Zeitschätzung tritt die Zeitberechnung; sofortige Erfolge bleiben, wenn man gewisse Klippen vermeidet, nicht aus. Bei geschickter Durchführung sichert man sich die Mitwirkung der Arbeiterschaft an der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit. Nebenher ergeben sich zahlreiche Verbesserungen verschiedenster Art, die mit der Durcharbeitung des ganzen Fertigungsvorganges zusammenhängen. Die fünf verschiedenen Möglichkeiten stehen nicht jede für sich und genau gegeneinander abgegrenzt da, sondern die Fäden des Wirtschaftsgewebes sind so eng miteinander verflochten, daß Kette und Schuß oft nicht zu unterscheiden sind und die einzelnen Farben und Fäden zum bunten Muster zusammenlaufen. Ganz besonders trifft dies im Hüttenwesen zu, wo im Gegensatz zu dem Normalfall des Maschinenbaues stets Gruppen von Menschen an einer Kette von hinter- und nebeneinander geschalteten Haupt- und Hilfs-, Herstellungs- und Fördermaschinen an einer Vielheit von Bearbeitungsstücken beschäftigt sind. Dies erschwert natürlich die Zeitstudien.

Abb. 2 gibt eine Zeitstudie in einem Thomaswerk wieder; man erkennt das Zusammenarbeiten — manchmal ist es auch ein Durcheinanderarbeiten — der verschiedenen Veränderlichen. Dabei sind die Krane und Schlackenwagen noch nicht einmal mit eingezeichnet.

Verfolgung des Stoffes

Die Verfolgung des Stoffes nach Zeit und Weg, unter Feststellung aller Temperaturen und Analysen, hat sich auf Hüttenwerken als gut anwendbar erwiesen. Man verfolgt dabei z. B. eine Siemens-Martinschmelze von der Anfuhr des Schrottes, Roheisens oder Erzes bis zum fertigen Walzerzeugnis. Laufkarten, gegebenenfalls Doppellochkartenvordrucke (sog. „Dualkarten") begleiten in einer besonderen Post den Stoff; unter erheblichem Aufwand von Zeit und Kosten verarbeitet man alle Werte mit Hilfe der Großzahlforschung, trägt sie in Schaubilder ein. Mit dem Akkord hat diese Art der Zeitstudienuntersuchung unmittelbar überhaupt nichts zu tun; tatsächlich führt indessen jede Zeitüberwachung und Zeitfeststellung gewollt oder ungewollt auch zur Anpassung des Lohnes an die aufgewandte Zeit.

Dies „Verfahren der Verfolgung des Werkstoffes" umfaßt den gesamten Arbeitsvorgang von der Arbeitsvorbereitung und Werkstoffherstellung bis zum Fertiglager und zur Nachrechnung einschließlich aller Beförderungen und unter Ausdehnung auf alle Hilfstoffe, z. B. auch auf die Energie. Wir sehen, daß die unter 4) bezeichnete Wärmewirtschaft nichts ist als ein kleiner, allerdings in den Selbstkosten häufig einflußreicher Teil der Betriebstoffwirtschaft. Feststellung der Leistungserhöhung, Gütesteigerung, Überwachung der Betriebseinrichtungen nach Menge und Güte, alle Lagerungs-, Speicherungs- und Fließarbeitsfragen gehören hierher, ebenso die gesamte Abfallwirtschaft. Der Stoff sollte sogar über das Hüttenwerk hinaus durch alle Stufen der Weiterverarbeitung bis zu seiner letzten Fertigform verfolgt werden. Das Zusammenarbeiten zwischen der eisenerzeugenden und eisenverbrauchenden Industrie könnte durch solche wissenschaftlich-systematischen Arbeiten eine erwünschte Steigerung erfahren. Man könnte schließlich daran denken, diese Arbeit der Verfolgung des Stoffes dann noch bis zur Bewährung beim letzten Verbraucher weiter zu treiben: wahrlich ein ausgedehntes Feld für Studien.

Bei der Verfolgung des Stoffes kommt man auch sehr schnell auf den sogenannten „engsten Querschnitt", und das Suchen nach dieser Hemmungstelle der Erzeugung kann man allein als ein Verfahren der Zeitstudienuntersuchung bezeichnen. Oft genug weiß zwar der Betriebsmann selbst, wo ihn der Schuh drückt. Mitunter aber ist die Quelle des Übels doch nicht so leicht zu erkennen. An einer Walzenstraße konnte man erst durch genaue Zeitaufnahmen jedes einzelnen Stiches und der dazwischenliegenden Handhabungen feststellen, an welcher Stelle man

ingreifen mußte; durch Verlegung eines tiches auf ein anderes Gerüst, unter leichzeitiger Änderung der Kalibrierung, konnte man die Erzeugung nicht nerheblich erhöhen. Ein andres Beispiel, das Dr.-Ing. Berger an einer rahtstraße gewonnen hat, zeigt Abb. 3.

Beobachtung des Bearbeitungsvorganges

Die Durcharbeitung des Bearbeiungsvorganges ist mit dem eben geschilerten Verfahren der Verfolgung des toffes sehr nahe verwandt, wenn auch icht identisch, denn sie geht nicht von em Stoff aus, sondern von den Anlagen nd maschinellen Vorrichtungen.

Was heißt überhaupt Zeitstudie? Mit iesem Begriff soll wohl gesagt sein, daß rgendein Vorgang als Funktion der Zeit argestellt wird. Zu einer Funktion $= f(x)$ gehören aber stets mindestens wei Größen; so sprechen wir von einem v-Diagramm, von einem IS-Diagramm. Ian sollte also nicht nur von einer Zeitudie sprechen, sondern von einer Zeit-Weg-Studie, von ner Zeit-Erzeugungs-Studie, ja es gibt sogar Zeit-Zeit-Stuen; Abb. 3 gibt eine Zeit-Zeit-Studie wieder. Vielleicht ürde eine solche Doppelbezeichnung eine gewisse Verirrung vermeiden lassen, die heute in den Worten Zeitudie, Leistungsstudie, Arbeitstudie, Produktionstudie, Berderungstudie, Bewegungstudie usw. herrscht.

Falls im Hüttenwesen die Zeit bei irgendeiner Unterıchung als Veränderliche auftritt, pflegen unsere Wirthaftsingenieure stets die ermittelten Zahlen nach zwei ichtungen hin zu ordnen, einmal nach den Zeiten, die r die einzelnen Maschinen gemäß ihrer Beschäftigung lten, und zweitens nach den Zeiten, die die Arbeiter nach ren Verrichtungen betreffen; Abb. 4 zeigt eine von ipl.-Ing. Stick aufgenommene Studie. Diese Art der rdnung hat sich als notwendig herausgestellt, weil, wie ereits erwähnt, meist mehrere Maschinen und mehrere edienungsleute zu gleicher Zeit in Betracht kommen. ie zweifache Sichtung der Zeitstudienwerte läßt einmal e Ausnutzung der Maschinen, das andre Mal die Rührigkeit und Beschäftigung der Bedienung ermitteln und Bestwerte feststellen. Der „Belastungsgrad" einer Maschine ıd der „Rührigkeitsgrad" eines Arbeiters sind mathematisch identische Ausdrücke.

Abb. 3
Zeit-Zeitschaubild.

Als schräge Ordinaten sind die Zeiten der einzelnen Stiche aufgetragen; man erkennt sofort den engsten Querschnitt der Anlage an dem längsten Stich, der für die Blockfolgezeit (= Zeit in der ein Block auf den andern folgt) maßgebend ist; durch andre Kalibrierung oder durch Walzen in zwei Adern usw. kann dieser engste Querschnitt beseitigt werden.

Abb. 4
Doppel-Zeitstudie.

Der gleiche Versuch ist nach zwei Richtungen ausgewertet, einmal nach der Beanspruchung der Anlage, das andre Mal nach der Beanspruchung der die Anlage bedienenden Belegschaftsgruppe. Die Verlustzeiten an der Anlage können stark verringert werden, durch bessere Verteilung der Verlustzeiten auf die einzelnen Arbeiter kann ein Ausgleich in deren Anstrengung erzielt werden.

Beobachtung der Selbstkosten

Die Verfolgung aller Vorgänge am Maßstab und Leitfaden der Selbstkosten ist uns im Hüttenwesen zu einer selbstverständlichen Gewohnheit geworden. Eigentlich sollte man sogar noch weiter gehen und stets das Verhältnis

$$\frac{\text{Erlös abzüglich Selbstkosten}}{\text{Betriebskapital + Anlagekapital}}$$

vor Augen haben. Will man Betriebe systematisch wirtschaftlicher machen, also nach vorbedachtem Plan arbeiten, so muß man von den Selbstkosten ausgehen. Es ist eigentümlich, daß die Kaufleute in ihrem Schrifttum über Selbstkostenfragen unter den verschiedenen Zwecken der Selbstkostenrechnung wie: Zeitvergleich, Betriebsvergleich, Erfolgsüberwachung und Rentabilitätsberechnung ganz daran vorübergegangen sind, daß die Selbstkostenaufstellungen auch noch einen für den Ingenieur sehr wichtigen Zweck haben, nämlich den, daß er aus ihnen ersieht, wo er den Hebel zur Verbesserung ansetzen kann. Man könnte diesen Weg des Vorgehens „das Verfahren des Kostenarten-Vergleichs" nennen. Bei jeder einzelnen Kostenart ist zu erwägen:

1. Wie groß ist der Einfluß auf die Gesamtselbstkosten,
2. wieviel vH darf man hoffen, durch Verbesserungen zu sparen.

Die Höhe des mathematischen Produktes aus der zahlenmäßigen Höhe der betreffenden Kostenart (1) und dem vH-Satz der Ersparnis (2) ist maßgebend für den Rationalisierungsplan.

Die Untersuchung der Selbstkosten gibt einen weiteren Fingerzeig für die Unterschiede zwischen den verschiedenen Betrieben, wenn sie die Bedeutung des Lohnanteils, des Werkstoffanteils und des Kapitalanteils gegeneinander abwägen und hieraus Schlüsse für die Rationalisierung ziehen.

Mit der „Kostenfrage" hängen nun aber noch andere Überlegungen zusammen, die das Gebiet der Nachrechnung betreffen. Wir sind der Meinung, daß der Zweck der Zeitstudie sich nicht damit erschöpft, Unterlagen für Akkorde und betriebliche Verbesserungen zu geben. Dieser Gedanke mag im folgenden angesichts seiner großen Bedeutung noch etwas näher erläutert werden.

Das Hüttenwesen unterscheidet sich von den Verhältnissen mancher andern Industrien besonders durch die Massenfertigung; wo im Maschinenbau Massen- oder Reihenfertigung vorkommt, dürfen die folgenden Ausführungen ohne weiteres auch darauf übertragen werden.

Nun haben wir im Hüttenwesen aber nirgends eine reine Massenfertigung oder reine Massenkalkulation, sondern es handelt sich fast stets um eine Sortenfertigung und eine entsprechende Nachrechnung. Wollten wir den Betrieb lediglich nach Kennzahlen beurteilen, die für jede einzelne Sorte aufgestellt sind, so würde das bei den vielen

Sorten eine u. U. kaum zu bewältigende Arbeit verursachen, geht doch die Zahl der Profile und Qualitäten eines Walzwerkes in einem Monat oft in die Hunderte, und nicht anders ist es in vielen unserer Verfeinerungswerkstätten. Es handelt sich also darum, an Stelle der Vielheit der Sorten eine einzige mittlere Sorte oder eine Normalsorte zu betrachten und alle Kennzahlen, in der Hauptsache die Erzeugungszahlen und die Selbstkosten, auf diese Einheitsorte umzurechnen.

Abb. 5 und 6 geben eine Zeitstudie von Dipl.-Ing. Cromberg aus einer Drahtzieherei wieder, in der die Zeit für das Ziehen eines Ringes ermittelt ist, und zwar in Abhängigkeit vom Ringgewicht, Anfangs- und Endquerschnitt, Scheibendurchmesser und von der Umlaufzahl. Die auf irgendeine Sorte umgerechnete Bezugserzeugung je Stunde bestimmt man mit Hilfe der aus dem Schaubild ermittelten Umrechnungswerte und vergleicht sie mit der Sollerzeugung. Man hat dann an Stelle der vielen Sorten nur noch mit einer einzigen für die weitere Auswertung zu tun.

Der erste Vergleich geschieht dann weiter zwischen der Solleistung je Laufstunde, wie sie durch Zeitstudien ermittelt ist, und der Istleistung. Teilt man die Istleistung durch die Solleistung, so erhält man den „Rührigkeitsgrad" der Belegschaft, eine Zahl, auf der unmittelbar sämtliche Akkorde aufgebaut werden können. So sind auch in unserer Sortenfabrikation Zeitstudien die Grundlage des Akkordes; die Methodik, namentlich der Auswertung, weicht indessen von dem Verfahren des Reichsausschusses für Arbeitzeitermittlung (Refa) trotz der gleichen Grundlagen der Arbeitzergliederung in einigen Punkten insofern ab, als die Richtlinien des Reichsausschusses nicht völlig ausreichen und erweitert werden müssen. Teilt man fernerhin die Zahl der Laufstunden eines Betriebes durch die Laufstunden + Umbauzeiten (also die „Einrichtezeiten"), so erhält man einen Sortenfaktor, der angibt, wie der Betrieb durch den mehr oder weniger häufigen Wechsel, d. h. durch die Größe der einzelnen Aufträge beeinflußt wurde. In gleicher Weise kann man durch Hinzuzählen der Störungzeiten ermitteln, wie groß der Einfluß der Störungen war, und schließlich in gleicher Weise den Einfluß des Beschäftigungsgrades, d. h. den Einfluß der Konjunktur, des Ausfalls von Sonn- und Feiertagen, von Streikschichten und dergl. mehr.

Die erwähnten Einflußzahlen sind nachstehend zusammengestellt:

$$\frac{\text{Istleistung}}{\text{Solleistung}} = \left(\frac{\text{Sollstunden}}{\text{Iststunden}}\right) = \frac{329}{352} = 0{,}93 = \text{Rührigkeitsgrad},$$

$$\frac{\text{Iststunden}}{\text{Iststunden} + \text{Umbaustunden}} = \frac{\text{Laufstunden}}{\text{Sortenstunden}} = \frac{329}{420} = 0{,}78 = \text{Umbauzahl},$$

$$\frac{\text{Sortenstunden}}{\text{Sortenstunden} + \text{Störungsstunden}} = \frac{420}{465} = 0{,}91 = \text{Störungsgrad},$$

$$\frac{\text{Sortenstunden} + \text{Störungsstunden}}{\text{Gesamtstunden}} = \frac{465}{720} = 0{,}65 = \text{Konjunkturzahl}.$$

Solche Untersuchungen sind aber nur möglich, wenn durch Zeitstudien die Sollwerte festgelegt sind. Ebenso haben sie große Bedeutung für die Aufstellung des Haushaltplanes der Betriebe, wenn man zu der neuerdings immer mehr aufkommenden Haushaltrechnung übergeht.

Sämtliche geschilderten Verfahren haben eine gewissermaßen systematische Eigenschaft; sie betreffen die Gesamtdurcharbeitung des Betriebes, die planmäßige Rationalisierung. Aber nicht immer ist Rationaliserung in dem Sinne planmäßig, daß von Grund auf der gesamte Betrieb einem Studium unterzogen wird, und zu dem systematischen Verfahren wird man meist nur dann greifen, wenn ziemlich reichliches Geld und Personal zur Verfügung stehen.

Wir wollen einmal grundsätzlich die Sonde an den Begriff „Rationalisierung" legen, wobei wir uns auf die technische Rationalisierung, also die Betriebsrationalisierung, beschränken wollen. Bei diesem Wort denken wir viel weniger daran, daß die Betriebe rational gestaltet werden, also „vernunftmäßig arbeiten — freilich auch Vernunft will bei dem Werke sein —, sondern rationell, d. h. wir wollen die Wirtschaftlichkeit heben. Da wird nun oft gefragt: „Wie fängt man dies an? Gibt es irgendein Rezept, ein System, eine Methodik des Vorgehens?" Und man fragt weiter: „Was ist es eigentlich mit der Rationalisierung? Die Wirtschaftlichkeit haben wir schon immer gehoben, nur haben wir nicht soviel davon gesprochen! Man redet immer erst von Rationalisierung, wenn es der Wirtschaft schlecht geht, und prägt damit Schlagworte, die eigent-

Abb. 5 und 6. Bestzeitstudie.

Das Nomogramm ist mit Hilfe weniger Zeitstudien ermittelt und gestattet, für beliebige Ringgewichte, Drahtdurchmesser und Gießgeschwindigkeiten die Stundenleistung und den Stücklohn einer Gießerei zu ermitteln.

:h gar nichts Neues bedeuten. Wir leben im Konkurrenz-
mpf, und der Standpunkt: „Laßt den Betrieb wursteln,
: gut oder schlecht er kann!“, ist ein für allemal ver-
ssen; Werken dieses alten Schlages, soweit sie über-
.upt noch am Leben sind, sind die Tage gezählt.“

Solchen Äußerungen ist entgegenzuhalten, daß sich
: der Entwicklung der Rationalisierung klar erkennbare
:ufen auseinanderhalten lassen. Gegenüber jenen ge-
:itlichen guten alten Zeiten war die nächsthöhere Stufe
:e, bei der man höchst lebendig eingriff, wenn etwas
ful war, wenn z. B. die Selbstkosten hinaufgingen oder
:e Erzeugung herunterging oder der Absatz sank,
:nn Störungen sich wiederholten, Kunden-Beschwer-
:n einliefen usw. Es ist dies die „Betriebs-
:rtschaft von Fall zu Fall“, wie sie in sehr
:elen Betrieben vor dem Kriege noch üblich war.
Ist später hat sich die Erkenntnis durchgerungen,
:ß wir nicht nur da einzugreifen haben, wo ein offen-
:rer Mißstand sich gezeigt hat, sondern daß die Be-
:ebswirtschaft vom Fundament aus und nach wohl vor-
:dachtem Plan aufzubauen ist. Es handelt sich um die
:stematische Erkenntnis aller Betriebsvorgänge durch
:eingeschränktes Suchen nach dem „Besten Weg“ („One
:st way“, wie das von Gilbreth geschaffene Schlag-
:rt lautet). Es handelt sich um eine Art quantitativer
:alyse des Betriebes mit besondren Hilfskräften, Meß-
:rkzeugen und Verfahren. Dabei kann man die Emp-
:dung haben, daß die deutsche Industrie zur Zeit zwi-
:en den beiden letztgenannten Stufen — der Rationali-
:rung von Fall zu Fall und der Planarbeit — steht.

Deshalb dürfen wir aber auch die weniger plan-
:ßigen Verfahren nicht vernachlässigen. Es ist schon
:l wert, wenn an die Stelle der Vermutungen Unter-
:hungen treten, denn hier, wie überall, gilt der Satz:
„ur Zahlen beweisen!“

Wie soll man vorgehen, wenn dringende Aufgaben
:ht ohne weiteres vorliegen? In solchen Fällen emp-
:hlt sich, namentlich zu Beginn von Rationalisierungs-
:eiten, das „Verfahren des geringsten Widerstandes“,
:h., man greift dort zu, wo von seiten der Belegschaft
:d auch von seiten der Betriebsingenieure am wenigsten
:derstand zu befürchten ist; denn sobald und solange
:ßerhalb der Betriebshierarchie stehende Stellen sich
:n Fragen der Hebung der Wirtschaftlichkeit befassen,
:ten oft Widerstände, auch der Betriebsleiter, auf,
:i in falscher Einstellung glauben, alles selbst wissen
:d können zu müssen. Dann hört man die Antwort:
„:s haben wir alles schon gehabt“, „das geht alles
:ht“, und in dem Wirtschaftsingenieur wird nicht der
:llige Helfer erblickt, sondern der Spion, der Polizist,
:e Besserwisser und Berichtemacher. Wir wollen hier
:ht die Schuldfrage an diesen Zuständen untersuchen,
:dern nur festlegen, daß man sehr vorsichtig und takt-
:l vorgehen muß. Dies ist der „Weg des geringsten
:derstandes“.

Über allen Feinheiten der Untersuchung darf man
:r ein Verfahren nicht vergessen, nämlich das des
:ren Blickes für die Dinge und Menschen, und man
:nte es „das Verfahren des gesunden Menschen-
:standes“ nennen. Wer täglich immer wieder die-
:en Dinge sieht, gewöhnt sich daran. Auch das ist ein
:fluß der Wiederholung; man wird „betriebsblind“ und
:s in der freien, vorurteilslosen Auffassung getrübt.
:nn Ford zur Entwicklung irgendeiner neuen Idee
:ndsätzlich keine „Fachleute“ einstellt, so geht er von
:chen Erkenntnissen aus. So empfiehlt es sich auch,
:u Lösung irgendwelcher einfacher betriebswirtschaft-
:cher Aufgaben betriebsfremde, junge, frische Ingenieure
:n Techniker, die erst von der Schule kommen, heran-
:uehen. Hier können sie sich ihre ersten Sporen ver-
:ienen, die später nötig sind, wenn sie die hohe Schule
:e Betriebswirtschaft reiten sollen.

Bevor man irgendwelche andern Verfahren der Ratio-
:nasierung anwendet, sollte man aufmerksam durch die
:eiebe gehen und zu erkennen suchen, wo etwas ver-
:kert läuft. Dies ist das „Verfahren des Betriebsrund-
:ges“. Als Beispiel für eine Beobachtung auf einem
solchen Gange dienen Abb. 7 und 8. Das Verladen von
Schlacken (nach Dipl.-Ing. Bleibtreu) gibt wieder,
wie sich die Arbeiter in einer Art von Schützengraben-
gewohnheit so tief eingraben, daß das Beladen des
Wagens schwierig wird. Man konnte ihnen dies nicht
anders abgewöhnen, als daß man eine Unterlage von
eisernen Platten schuf, durch die sie sich nicht durch-
graben konnten.

Abb. 7 und 8
Verladen von Schlacken.
Oben: ungünstige Verladung.
Unten: günstige Verladung nach Abdecken des
Schlackenplatzes mit Blechen.

Ein einfaches und empfehlenswertes Hilfsmittel zur
Betriebsverbesserung besteht darin, daß man mehrere
Tage lang an verkehrsreichen Stellen des Werkes jeden
während der Arbeitzeit Vorbeikommenden nach dem
Woher und Wohin und dem Zweck seines Weges fragen
läßt. Man wird sofort Gründe zur Einführung einer
Reihe von Organisationsänderungen finden, Förderungen
zusammenlegen, das Bestellwesen verbessern usw. Die
Frage „Muß dies überhaupt sein?“, und wenn ja, „Muß es
gerade so sein?“, also die Frage nach dem „Warum“
und „Wie“ führt grundsätzlich zu der Frage „Wie macht
man es besser?“, und in diesen Fragestellungen allein
kann man ein Verfahren der Betriebsverbesserung er-
blicken, nach dem tatsächlich eine ganze Schule arbeitet[1]).

Die vorstehenden Schilderungen sind auf eine Me-
thodik der Zeit- und Betriebstudien hinausgelaufen; in
Wirklichkeit schließt keines der erwähnten Verfahren
das andere aus, keines von ihnen ist gut oder schlecht
an sich, sondern jedes gehört an seinen Platz und ist
nach Bedarf zu verwenden. Es kommt — abgesehen von
reiner Kalkulationsarbeit — bei Zeitstudien und ähn-
lichen Untersuchungen überhaupt nicht auf ein Ver-
fahren an; es ist der Geist, der darinnen steckt. Be-
triebswirtschaft ist eine geistige Richtung. Wenn diese
zum Gemeingut aller Betriebsleute geworden ist, geht
die Rationalisierung ganz allein voran. Wesentlich
ist die Erkenntnis, daß in jedem Betrieb ständig etwas
zu verbessern ist und, daß der Erfolg nur darin besteht,
daß man in dieser Entwicklung dem Konkurrenten vor-
aus ist. Im übrigen aber bezieht sich Rationalisierung
in dem erwähnten Sinne nicht nur auf industrielle Be-
triebe, sondern ist auf jeden beliebigen Vorgang des täg-

[1]) Vergl. Dr. F. Hahn, Stahl und Eisen Bd. 48 (1928) S. 361.

lichen Lebens anwendbar. J. P. Müller, der bekannte Verfechter körperlicher Gymnastik, schildert z. B., wie man sich morgens nach dem Bade abtrocknen soll. Seine Feststellungen sind nichts weiter, als die Ergebnisse von Zeitstudien, die ganz in unserm Sinne gemacht sind. Wenn man sich daran gewöhnt, die Eisenbahnfahrkarte stets in die rechte Westentasche zu stecken, braucht man sie nicht erst lange zu suchen, dann hat man rationalisiert. Ob es sich um die Organisation eines Handelsgeschäftes handelt, oder das Bestellwesen der Post, oder den Aufmarschplan einer Armee, die Grundgedanken sind stets die gleichen. Ja, man könnte diese Gedanken noch viel weiter ausspinnen.

Organisation und Gemeinschaftsarbeit sind die leitenden Gedanken. Zusammenarbeit zwischen Kaufmann und Techniker, zwischen Betriebsmann einerseits, Wirtschafts- und Wärmeingenieur anderseits, zwischen Chemiker und Maschinenbauer, Neubau und Betrieb, kurz gesagt: die Gemeinschaft aller Teile muß unter diesem Zeichen einsetzen.

[B 1735]

Was ist Ermüdung?

Von K. Laute und G. Sachs, Berlin-Dahlem

Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt und dem Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem

Verfestigung und Zerrüttung des Werkstoffes. — Erhöhung der Ermüdungsgefahr durch Zwischenglühungen.

Bei oftmals wiederholter Beanspruchung eines Stoffes oberhalb einer gewissen Belastungsgrenze tritt nach einer gewissen Zeit Bruch ein. Über das Wesen dieser Ermüdung besteht bisher noch keine Einigkeit. Einerseits zeigen besonders Versuche an einzelnen Kristallen[1]), daß eine Ermüdung erst nach beträchtlicher Verformung und Verfestigung der Kristalle durch Gleitung eintritt. Bei weit getriebener Verfestigung erschöpft sich aber allgemein das Formänderungsvermögen der Stoffe; und die Ermüdung wäre danach keine neuartige Erscheinung. Die gegenüber der statischen Festigkeit niedrige Dauerfestigkeit würde sich schon durch die Widerstandsverringerung bei Richtungswechsel der Gleitungen[2]) oder durch die Hystereseerscheinungen erklären.

Anderseits schließt Ludwik aus seinen Dauerversuchen, bei denen eine allmähliche Abnahme des Formänderungsvermögens (Einschnürung) eintrat[3]), daß die Ermüdung eine von der Verfestigung unabhängige Zerrüttung des Werkstoffes darstellt[4]). Diese Auffassung findet auch eine gewisse Stütze in den Versuchen von Gough[5]) an Aluminiumkristallen, bei denen der Ermüdungsbruch sich schon frühzeitig durch das Auftreten von Rissen längs der Gleitflächen anzeigt. Auch Moore[6]) u. a. sehen die Ursache der Ermüdung in der allmählichen Ausbildung eines Risses.

Zur Klärung dieser Frage wurden eine Anzahl von Probestäben aus Nickel[7]) in einer Hochfrequenzmaschine der Firma Carl Schenck, Darmstadt[8]), untersucht. Die Stäbe werden abwechselnd auf Zug und Druck beansprucht, wobei die Amplitude der Verformung willkürlich eingestellt werden kann. Nach Abb. 1 und Zahlentafel 1 wird eine Ermüdungsgrenze des untersuchten Nickels bei Schwingungszahlen über 80 Millionen noch nicht sicher erreicht[9]).

Schaltet man nun bei Versuchen, bei denen die Stäbe unter gleichbleibendem Schwingungsausschlag nach einer gewissen Anzahl von Schwingungen zu Bruche gehen würden, Zwischenglühungen ein, so muß das Verhalten der Stäbe die eine oder die andre Auffassung der Ermüdung rechtfertigen[10]). Ist die Ermüdung nichts andres als ein Bruch nach weitgetriebener Verfestigung, so wird diese durch eine Zwischenglühung beseitigt. Die Lebensdauer des Stabes muß dementsprechend erhöht sein.

Ist dagegen die Ermüdung irgendeine andersartige Zerrüttung des Stoffes, so wird der Einfluß von Zwischenglühungen gering sein. Da durch Ziehen, Recken und andre gewöhnliche Kaltverformungen die Ermüdungsfestigkeit heraufgesetzt wird[11]), könnte sogar durch Zwischenglühungen die Lebensdauer vermindert werden.

Die in Zahlentafel 1 und Abb. 2 zusammengestellten Versuche zeigen, daß tatsächlich eine deutliche Verringerung der Lebensdauer eintritt, wenn jedesmal nach einem bestimmten Bruchteil der Bruchschwingungszahl (bei der betreffenden Beanspruchung) eine Zwischenglühung eingeschaltet wird. Durch die Zwischenglühungen wird also die Ermüdungsgefahr eher erhöht als beseitigt[12]).

In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis steht auch die Feststellung, daß eine zeitweise vorgenommene Überbeanspruchung des Stoffes die Dauerfestigkeit herabsetzt[13]).

Zwei weitere Stäbe wurden einer Beanspruchung unterworfen, bei der nach Abb. 1 ein Bruch kaum noch zu erwarten war, und dabei etwa 80 Millionen Schwingungen ausgesetzt. Dadurch wird die Ermüdungsgrenze heraufgesetzt[14]), so daß nach Zahlentafel 2 ein solcher

---

[1]) H. J. Gough, S. J. Wright und D. Hanson, Journ. Inst. Metals Bd. 36 (1926, II) S. 173; H. J. Gough, The fatigue of metals London 1926; E. Schmid, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 69.

[2]) G. Sachs und H. Shoji, Z. f. Phys. Bd. 45 (1927) S. 776.

[3]) P. Ludwik und R. Scheu, Z. Bd. 67 (1923) S. 122; P. Ludwik, Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 68.

[4]) P. Ludwik, Z. Bd. 71 (1927) S. 15.

[5]) a. a. O.

[6]) H. F. Moore und J. B. Kommers, Univ. Illinois Bull. Bd. 19 (1921) Nr. 8 S. 134.

[7]) Herrn Direktor Borbeck von der Fa. Berg-Heckmann-Selve A.-G., Zweigniederlassung Basse & Selve, Altena, sind wir für die Herstellung der Versuchsproben zu Dank verpflichtet.

[8]) Vergl. E. Lehr, Diss. T. H. Stuttgart 1925, S. 67.

[9]) Die freie Länge des Stabes betrug 50 mm, die Elastizitätszahl 21 700 kg/mm². Ein Schwingungsausschlag $\varepsilon = 10 \cdot 10^{-6}$ entspricht also einer Spannung von 21,7 kg/mm².

[10]) Schon H. F. Moore und J. B. Kommers (a. a. O., S. 131) sehen die Klärung dieser Frage als wichtig für die Erkenntnis des Ermüdungsvorganges an. Eine planmäßige Untersuchung darüber liegt jedoch bisher anscheinend nicht vor.

[11]) H. F. Moore und J. B. Kommers, a. a. O., S. 133; H. F. Moore und T. M. Jasper, Univ. Illinois Bull. Bd. 23 (1925) Nr. 12 S. 89; P. Ludwik, Ber. Werkstoffausschuß VDEi Nr. 121 (1928).

[12]) Die Proben wurden im Vakuum bei 750° ½ h geglüht, so daß eine Beeinträchtigung durch die Glühung nicht anzunehmen ist. Daß hierbei wirklich die Kaltverformung infolge der vorangegangenen Dauerbeanspruchung beseitigt wird, geht aus dem Verhalten der Hysteresis eindeutig hervor.

[13]) H. F. Moore und J. B. Kommers, a. a. O., S. 112, 113.

[14]) H. F. Moore und T. M. Jasper, Univ. Illinois Bull. Bd. 21 (1924) Nr. 39 S. 27, 78; H. J. Gough, a. a. O., S. 108.

Abb. 1
Bruchschwingungszahlen von Nickel bei verschiedenen Beanspruchungen.

...b bei einer erhöhten Beanspruchung ...z der langen vorangegangenen Beanspruchung mehr Wechsel verträgt als ein ... vornherein bei der gleichen Beanspruchung geprüfter. Wird dagegen wie... eine Zwischenglühung eingeschaltet, ...ist die Verfestigung des Stabes besei...; er bricht nach einer weit geringeren ...l (⅙) von Lastwechseln als ohne ...behandlung[15]).

Aus den mitgeteilten Versuchen folgt ..., daß bei Dauerbeanspruchung die Er...lungsgrenze bestimmt wird durch das ...hselspiel zwischen Verfestigung und ...rüttung des Werkstoffes[16]). Bei der ...chen Versuchsführung wird die Er...lungsgrenze des durch die ständig ...o sich gehende Kaltverformung ver...gten Stoffes ermittelt. Eine einge...ltete Glühbehandlung bewirkt daher ... Herabsetzung der Dauerfestigkeit. ...h erklärt sich hieraus die verhältnis...ig geringe Erhöhung der Ermüdungs...ze durch vorangegangene Kaltverfor...ng im Vergleich zur Erhöhung der ...ckgrenze, Festigkeit und Härte[17]). ...terhin wird schon bei Beanspruchung ...rhalb der eigentlichen Dauerfestigkeit ...Stoff geschädigt; und nur die gleich...ig vor sich gehende Verfestigung er...öl seine Lebensdauer auf eine prak...is unendlich lange Zeit.

15) Die Änderung der Kennzahlen bei einem ...rsuch, besonders auch der Einschnürung, war ...gen bei diesen Versuchen ganz gering.

16) Daß auch bei statischen Zugversuchen ...h verwickelte Verhältnisse vorliegen, konnte ...rch W. Kuntze (Arbeit im Druck) nach...im. Diese sind aber bei gewöhnlichen Zugver...eln verborgen und treten erst bei Verwendung ...k bter Proben in die Erscheinung.

17) H. F. Moore und J. B. Kommers, ... a.) S. 133; P. Ludwik, Ber. Werkstoffaus...n VDEi Nr. 121 (1928).

Zahlentafel 1

Bruchschwingungszahlen von Nickelstäben bei verschiedenen Belastungen und eingeschalteten Zwischenglühungen

Chemische Zusammensetzung: 98,45 vH Ni; 0,61 vH Co; 0,71 vH Fe; 0,16 vH Cu; 0,11 vH C; 0,03 vH Si.
Festigkeitseigenschaften: Streckgrenze σ_s = 18 kg/mm².
Festigkeit σ_B = 53 „ .
Dehnung δ_{10} = 42 vH.
Einschnürung ψ = 75 „ .
Härte H 5/750/30 = 110 kg/mm².
Elastizitätszahl: E = 21 700 kg/mm².
Vorbehandlung: gezogene Stange von 16 mm Dmr.; geglüht ½ h bei 750°.

Nr. des Stabes	Schwingungsausschlag $10^6\ \varepsilon$ *) in Bruchteilen der Meßlänge (l = 50 mm)	Bruchschwingungszahl $10^{-6}\ n$ (ohne Zwischenglühungen)	Zwischenglühungen ½ h bei 750°: nach Schwingungen $10^{-6}\ a$	Zahl	Bruchschwingungszahl $10^{-6}\ n$	Bemerkungen
2	14,6	0,15	—	—	—	
5	13,0	1,43	—	0	1,28	
15	„	1,12				
16	„	—	1,1	1	1,20	
8	„	—	1,0	2	(2,02)	herausfallender Wert
12	„	—	0,5	2	1,16	
11	„	—	0,2	3	0,69	
25	„	—	0,1	6	0,74	nach 6 Zwischenglühungen beschädigt
10	12,2	—	1,5	1	1,77	
18	„	—	1,0	1	1,45	
17	„	—	0,5	2	1,22	
1	11,4	5,11	—	0	5,11	
9	„	—	2,5	2	5,25	
19	„	—	1,0	3	3,17	
4	10,5	15,5	—	—	—	
7	9,6	20,2	—	—	—	
6	„	13,4	—	—	—	
21	8,8	53,9	—	—	—	
20	8,0	> 80,35	—	—	—	nicht gebrochen
26	„	> 80,6	—	—	—	„ „
27	„	> 85,6	—	—	—	„ „

*) $\varepsilon = 10 \cdot 10^{-6}$ entsprach einer Spannung von 21,7 kg/mm². Infolge von Schwankungen im Spannungsnetz ist ε auf etwa ± 3 vH genau.

Abb. 2
Abfall der Bruchschwingungszahlen bei wiederholten Unterbrechungen mit Zwischenglühungen bei 750° und nach verschiedenen Schwingungszahlen (Dauerversuche an Nickel). Die Zahlen neben den Punkten bedeuten die Anzahl der Glühungen.

Worin der eigentliche Ermüdungsvorgang besteht, bleibt noch eine offene Frage. Jedenfalls ist er schon eingeleitet, wenn die Wechselzahl nur etwa ⅙ derjenigen beträgt, die bis zum Bruch vergeht, und kann dann durch Glühen nicht mehr aufgehalten werden[18]). Am einfachsten vorstellbar ist mit Ludwik, Moore u. a. eine allmähliche Unterbrechung der Atombindungen, die zur Ausbildung makroskopischer Risse führt. Ist ein Riß einmal entstanden, so bewirkt die Spannungsanhäufung in seiner Umgebung ein beschleunigtes Weiterreißen, bis schließlich der Bruch eintritt.

Prof. Memmler und Prof. Stamer danken wir für die Unterstützung der Versuche. [B 1690]

18) Bei Stab 25 (Zahlentafel 1), der mit 1/13 der Bruchwechselzahl lief, trat nach sechs Zwischenglühungen eine Beschädigung durch Stauchen in der Versuchseinrichtung ein. Deren Wirkung sollte aber durch die nachfolgende Glühung beseitigt sein. Dann würde schon nach dieser geringen Wechselzahl eine erhebliche Schädigung des Werkstoffes eingetreten sein.

Zahlentafel 2

Veränderung der Bruchschwingungszahlen durch die Vorbehandlung

Nr. des Stabes	Schwingungsausschlag $\varepsilon \cdot 10^6$	Vorbehandlung	Bruchschwingungszahl $n \cdot 10^{-6}$	Unterschied gegen unbehandelt $n \cdot 10^{-6}$	vH
1	11,4	(geglüht ½ h bei 750°)	5,11	—	—
27	„	85,6 · 10⁶ Schwingungen bei $\varepsilon = 8{,}0 \cdot 10^{-6}$	5,45	+ 0,34	+ 7
26	„	80,6 · 10⁶ Schwingungen bei $\varepsilon = 8{,}0 \cdot 10^{-6}$ und geglüht ½ h bei 750°	1,15	— 3,96	— 77

Fachsitzung Metallkunde

gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

In Vertretung des Vorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, J. Czochralski, Frankfurt a. M., leitete Dipl.-Ing. H. Groeck, Berlin, die Fachsitzung. Er führte einleitend aus: Die beiden zur Verhandlung kommenden Verfahren Kokillenguß und Spritzguß haben gemeinsam, daß der flüssige Werkstoff nicht in eine Sandform, sondern in eine Eisenform gegossen wird, und daß das Werkstück aus dieser Form fertig herauskommt, ohne daß eine teure Nachbearbeitung durch Abdrehen, Hobeln u. dergl. erforderlich ist. Ein besonderes Kennzeichen der beiden Verfahren ist daher ihre Wirtschaftlichkeit; diese ist allerdings gebunden an die Vorbedingung des Massenabsatzes. Der Kokillenguß und auch der Spritzguß finden mehr und mehr Eingang in den Maschinenbau. Der Zweck der gegenwärtigen Fachsitzung[1]) ist, den Konstrukteuren, Betriebsleuten usw. Gelegenheit zu geben, sich mit den Grundzügen der Verfahren, ihren Vorteilen und Verwendungsmöglichkeiten vertraut zu machen.

Dipl.-Ing. Obermüller, Pforzheim, sprach darauf über

Aufgaben, Verfahren und Wirtschaftlichkeit beim Kokillenguß.

Beim Gießen in Dauerformen unterscheidet man folgende Verfahren: 1) Guß in ruhende Dauerformen unter Einwirkung der Schwerkraft, 2) Guß in ruhende Dauerformen unter Druck, 3) Guß in umlaufende Formen, 4) Guß in ruhende Dauerformen mit Nachverdichtung, 5) Sturzguß.

Der Guß in ruhende Dauerformen lediglich unter Einwirkung der Schwerkraft, also nicht unter Benutzung eines besonderen Druckes, wird hauptsächlich unter dem Namen „Kokillenguß" zum Gießen von Aluminiumlegierungen benutzt. Durch die rasche Abkühlung in den eisernen Formen erhält das Stück ein sehr dichtes Gefüge und dadurch hervorragende Festigkeitseigenschaften. Der Kokillenguß ist bis zu einem gewissen Grade ein Fertiggußverfahren, d. h. die damit hergestellten Werkstücke bedürfen keiner nachträglichen Bearbeitung, weil einmal die Oberfläche sehr sauber und glatt ausfällt und weil ferner die Maßgenauigkeit der Stücke verhältnismäßig groß ist. Vorbedingung für die Anwendung des Verfahrens ist die Herstellung von größeren Massen desselben Gegenstandes, da bei einer geringeren Anzahl die Kosten der eisernen Dauerform zu stark ins Gewicht fallen und das Verfahren dann nicht wirtschaftlich ist. Die Vorteile des Kokillengußverfahrens werden zur Zeit in Deutschland nicht genügend ausgenutzt, weil ein Übelstand noch nicht überwunden ist, nämlich die fortwährende Vornahme von Konstruktionsänderungen an den zu gießenden Teilen, die natürlich auch Änderungen der Dauerform bedingen. Infolgedessen werden bei uns viele Formen als unbrauchbar abgelegt, die noch bei weitem nicht ausgenutzt sind.

Als Werkstoff für die Kokillen benutzt man meist Grauguß, für die Kerne vorwiegend Stahl. Sehr wesentlich ist die richtige Gestaltung der Form hinsichtlich des Eingusses, der Wärmeableitung, der Entlüftung, des Anzuges der Seitenwände, Kerne usw. Auch auf die richtige Bedienungsmöglichkeit ist besonderer Wert zu legen.

Wichtig für den Verlauf des Gießvorganges sind die Gleichmäßigkeit der Legierung, der Gießtemperatur, ein geringer Gehalt an Verunreinigungen, ferner die Temperatur der Form, ihre Oberflächenbehandlung usw. Auch muß beim Gießen genau auf die zweckmäßige Arbeitsgeschwindigkeit geachtet werden. Weiter ist die genaue Einhaltung der Zeit zwischen Beendigung des Gießens und dem Öffnen der Form von wesentlichem Einfluß auf die Eigenschaften der fertigen Gußstücke.

Die Herstellungskosten des Werkstückes hängen u. a. von der verlangten Maßgenauigkeit ab. Die Kosten der Kokillen sind sehr verschieden und können 300 bis 3000 RM für eine Kokille betragen.

Von günstigem Einfluß für die Einführung des Verfahrens würde es sein, wenn man lernen würde, die Kokillen rascher und billiger herzustellen. Es würde dann auch möglich sein, das Kokillengußverfahren für die Herstellung kleinerer Mengen von Werkstücken heranzuziehen.

Darauf sprach Dr.-Ing. L. Frommer, Berlin, über

Spritzguß und Konstrukteur.

Beim Spritzgußverfahren wird flüssiges Metall unter hohem Druck in eiserne Dauerformen gepreßt. Die Anwendung dieses hohen Druckes unterscheidet das Verfahren grundsätzlich von dem Kokillengußverfahren. Die Gießmaschine[2]); mittels deren man das Metall in die Form pr
wird bei Legierungen mit niedrigem Schmelzpunkt als K
benpumpe, bei solchen mit hohem Schmelzpunkt in
Regel als Druckluft-Gießmaschine ausgeführt. Die Gießf
besteht aus zwei Formhälften und verschiedenen versch
bar angeordneten Teilen, nämlich den Bohrungskernen
Auswerfstiften. Sie muß so eingerichtet sein, daß man
geöffneten Zustand das fertige Gußstück herausnehm
kann. Das Spritzgußverfahren hat sich aus der Lett
gießerei entwickelt. Im Zusammenhang damit sind
sprünglich vorwiegend Zinnlegierungen dabei verarbe
worden, und zwar zu Apparateteilen. Beim Zinnspritzg
erreicht man eine besonders hohe Genauigkeit, die sich
100stel mm erstreckt. Zinnspritzguß ist daher besonders
eignet zur Anfertigung von Präzisionsteilen, die nur e
geringe Nachbearbeitung durch Abdrehen, Hobeln u. de
erfahren.

Im Laufe der weiteren Entwicklung wurden dann Zi
legierungen in der Spritzgußmaschine verarbeitet. Die M
lichkeiten der Anwendung des Verfahrens stiegen da
wesentlich. Das Verwendungsgebiet hat sich in der neues
Zeit aber dadurch ganz bedeutend erweitert, daß man
lernt hat, auch Metalle von hoher Festigkeit, nämlich A
minium-Legierungen, Elektron und Messing, im Spritzg
verfahren zu verarbeiten. Damit wurde es möglich, a
stärker beanspruchte Konstruktionsteile herzustellen.
verschiedenen Zweigen des Maschinen- und Apparateba
für Kraftfahrzeuge, hauswirtschaftliche Maschinen,
Staubsauger, Gasbrenner und dergleichen, ferner für
Fernmeldetechnik, für Musikinstrumente usw. werden h
Spritzgußteile in ziemlich großem Umfange verwendet.

Die Spritzgußteile sind gekennzeichnet durch Saul
keit, Genauigkeit und weitgehende Austauschbarkeit a
aus der gleichen Form ausgebrachten Stücke. Gut gegoss
Spritzgußteile haben in der Regel höhere Festigkeiten
Teile aus denselben Legierungen, die im Sandguß oder
killenguß hergestellt worden sind. Allerdings ist es er
derlich, daß bei der Herstellung größte Sorgfalt verwen
wird. Sehr wesentlich sind auch die Erfahrungen des H
stellers. Deshalb soll der Spritzguß grundsätzlich nicht
Nebenbetrieben, sondern ausschließlich in geeigneten S
derwerkstätten erzeugt werden. Infolge der hohen W
zeugkosten (Herstellung der Form) ist das Spritzgußv
fahren nur bei großen Stückzahlen (mindestens 3000
5000 Stück) wirtschaftlich anwendbar. Die Kosten
Schwierigkeiten der Formherstellung könnten allerdi
wesentlich durch eine zweckmäßige Gestaltung der H
stellenden Teile durch den Konstrukteur verringert wer
Bei der Bedeutung, die der Spritzguß gegenwärtig a
mehr und mehr für den Maschinenbau gewinnt, ist die M
arbeit des Konstrukteurs von größter Wichtigkeit.

Infolge der vorgerückten Zeit fand nach den Vorträ
ein Meinungsaustausch im größeren Kreise nicht statt,
doch wurde verschiedenen Herren aus der Versamml
durch die Vortragenden die Möglichkeit geboten, sich i
die einschlägigen Zweckfragen näher zu unterhalten.

[N 1849] Groec

[1]) Beide Vorträge werden demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 285.

Bau der Staumauer am Grimselpaß

Im Rahmen der Bauausführung des Kraftwe
Handeck im Aaretal in der Schweiz sind beim Grim
hospiz als Abschluß des oberen Stausees von 100 Mill.
im Spitallamm die Hauptstaumauer und auf der an
Seite des Grimselnollens eine kleinere Staumauer in
Einsattlung im Seeuferegg vorgesehen. Die Vorarbe
waren soweit gefördert, daß Anfang August 1928 mit
Betonieren begonnen werden konnte. Die Hauptsp
eine Staumauer von 115 m Höhe, 180 m Kronenlänge, 6
Sohlen- und 4 m Kronenbreite mit einem Halbmesser
9 m, hat insgesamt 340 000 m³ Mauerinhalt.

Da in dieser Höhenlage nur von Juni bis Oktober
arbeitet werden kann, mußte eine leistungsfähige Beton
anlage erstellt werden, wie sie bereits in kleinerem
maße beim Bau der Wäggitalsperre Verwendung fand.
der Grimselstaumauer soll die Betonieranlage 2000 m³
24 h leisten. Der Gußbeton wird mittels einer Rinne
zweier an Kabelkranen hängender Gefäße zwei Bühnen
geführt, die an quer über das Spitallamm gespannten Dr
seilen fahrbar sind. Von diesen Gußbühnen wird der B
dann mittels fliegender Rinnen den Arbeitstellen zugefü
Die Verschalungen werden von zwei weiteren Arbeitsbüh
aus verstellt, die ebenfalls an Drahtseilen aufgehängt s

[N 1958] L

Die Brownsche Bewegung

Von Dr.-Ing. W. Schmidt, Berlin

Vorträge der Kolloid-Gesellschaft, Essen 1927 — Zusammenhang der Brownschen Bewegung mit der inneren Reibung und damit der Ähnlichkeitsmechanik — Schlüsse aus dem Aufbau der Ähnlichkeitsgesetze auf das Wesen der Naturvorgänge — Bestätigungen: Exponent der Adiabate, Zähigkeit der Gase — Diffusionsvorgänge bei Metallen und Lebewesen — Grenze der Meßtechnik infolge der Brownschen Bewegung.

Im Sommer 1927 fand in Essen die sechste Hauptversammlung der Kolloid-Gesellschaft statt. Die Vorträge[1]) behandelten mit Rücksicht auf Essen als Industriestadt Aerosole (Nebel und Rauch) im allgemeinen und technische Aerosole (z. B. Kohlenstaub) im besonderen, ferner wurde über atmosphärische disperse Systeme, über die Kolloidchemie der Kohle, Dispersoidchemisches in der Metallkunde u. a. vorgetragen.

Wie vorzüglich uns der Kolloidforscher die Vorgänge in Rauch vor Augen zu führen vermag, zeigen, um nur ein Beispiel anzuführen, die dem Vortrag von Kohlschütter entnommenen Abbildungen 1 und 2. Hier sieht man glasige feine Rauchtröpfchen, die sich bei höheren Temperaturen an den in der Nähe befindlichen Teilchen vergrößern, bei niedrigeren zu Kriställchen und bei einer bestimmten im Falle des Schwefelrauches zu Blättchen umwandeln, Abb. 1. Dabei entstehen im Umkreise dieser Teilchen anscheinend leere Räume.

R. Fürth, Prag, sprach über die vor 100 Jahren von dem Botaniker Robert Brown bei Beobachtung der Pollenkörner der Pflanze Clarckia Pulchella im Mikroskop entdeckte Bewegung. Brown glaubte, hier die Grunderscheinung des Lebens, das mit einer Eigenbewegung ausgestattete Molekül, aufgefunden zu haben.

An der Erforschung der Brownschen Bewegung, Abb. 3, haben sich viele Fachleute beteiligt. Sie haben zunächst untersucht, welche äußeren Maßnahmen die Bewegung zu beeinflussen vermögen, und sie konnten eine ganze Reihe von Maßnahmen als einflußlos ausschließen. Man ist heute zu der Anschauung gelangt, daß die Bewegung durch die Wärmebewegung der Moleküle (Molekülstöße) hervorgerufen wird. Verhältnismäßig spät hat man die Bewegung erstmalig bei Nebel und Rauch (Bodazewski 1881) und bei Kolloiden (Zigmondy 1913 bei ultramikroskopischen Goldteilchen) beobachtet. Andre Forscher, vor allen Einstein und von Smoluchowski, haben Gesetze der Brownschen Bewegung abgeleitet, die durch Versuche nachgeprüft worden sind. Am wichtigsten ist das Einsteinsche Gesetz, wonach sich die von den die Brownsche Bewegung ausführenden Teilchen zurückgelegten Wege im Mittel wie die Wurzeln aus den Zeiten verhalten. Das Gesetz hat die folgende Form:

$$x^2 = 2 \frac{R}{N\,T\,B}\,t \quad \ldots\ldots\ldots (1).$$

Hierin bedeutet

- x den mittleren Weg eines Teilchens in cm,
- R die Gaskonstante,
- T die absolute Temperatur,
- t die Zeit in s,
- N die Loschmidtsche Zahl, die angibt, wieviele Moleküle in einem Grammolekül enthalten sind,
- B die „Beweglichkeit“ eines Teilchens. Sie beträgt für Kugeln

$$B = {}^1/_6\,\pi\,\eta\,a \quad \ldots\ldots (2),$$

wobei mit η der Beiwert der inneren Reibung der Flüssigkeit und mit a der Kugelhalbmesser bezeichnet ist.

Gl. (1) ist u. a. für die Bestimmung der Teilchengröße und des Dispersionsgrades von Solen aus Beobachtungen der Brownschen Bewegung benutzt worden. Solche Beobachtungen lassen auch Schlüsse auf die im Ultramikroskop an sich nicht erkennbare Gestalt der Teilchen zu, wenn man beachtet, daß die Teilchen außer ihrer fortschreitenden Bewegung durch die Stöße der Moleküle (nach Einstein) auch eine Brownsche Drehbewegung ausführen. Dies kommt bei unrunden Teilchen

[1]) Sonderheft der Kolloid-Zeitschrift Bd. 4 Heft 3. Dresden und Leipzig 1927.

Abb. 1
Schwefelrauch.

Abb. 2
Niederschlag eines Aerosols von Selen.

durch ein Funkeln und eine Abhängigkeit der Helligkeit und Farbe des ultramikroskopischen Bildes von der Stellung der Lichtquelle zum Ausdruck.

Die bisher behandelte Theorie der Brownschen Bewegung beschränkt sich auf die Folgen der Molekülstöße auf das einzelne Teilchen. Die weitere Theorie berücksichtigt außerdem die Erdschwere und macht Angaben über die relative Häufigkeit des Aufenthaltes eines Teilchens in einer bestimmten Höhe. Die hierbei auftretende Gleichung ist identisch mit der barometrischen Höhenformel, das heißt, die Kolloidteilchen verteilen sich unter der Einwirkung der Erdschwere in einem Gefäß der Höhe nach gerade so wie die Luftmoleküle in der freien Atmosphäre.

Auch in andern Fällen kommt die Ähnlichkeit des Verhaltens von Teilchen, die die Brownsche Bewegung ausführen, und Molekülen zum Ausdruck, so vor allem bei den Erscheinungen des osmotischen Druckes und der Diffusion. Die Diffusionserscheinungen haben ja gerade zur Entdeckung der Kolloide geführt, die im Gegensatz zu den sogenannten Kristalloiden durch Pergament nicht diffundieren und sich überhaupt durch eine sehr geringe Diffusionsgeschwindigkeit kennzeichnen.

Auch die Diffusionserscheinungen gehen auf die Brownsche Bewegung zurück; und ebenso wie beim Gas durch die Wärmebewegung der Moleküle (Molekülstöße) der Gasdruck entsteht, muß durch die Brownsche Bewegung in Solen ein osmotischer Druck hervorgerufen werden, der von Einstein theoretisch begründet wurde und meßbar ist.

Schließlich hat man die Erscheinung der Brownschen Bewegung auch zur Erklärung der Koagulation (Übergang konzentrierter Hydrosole in den gallertigen Zustand) herangezogen (v. Smoluchowski), jedoch bestehen hier noch Schwierigkeiten bei der langsamen Koagulation, was Fürth in seinem Vortrag hervorhob.

Man erkennt aus diesem kurzen Hinweis, daß das Wesen der Kolloide und ihre Eigenschaften mit der Brownschen Bewegung eng verknüpft sind. Da es sich hierbei um die vollkommen unregelmäßige Bewegung einer großen Anzahl von Teilchen handelt, so ist zur Klärung ihrer Gesetze in erster Hinsicht die statistische Betrachtungsweise am Platze, die in der Ingenieurwissenschaft bisher nur verhältnismäßig wenig Eingang gefunden hat. U. a. wird sie z. B. jetzt bei der Großzahlforschung in der Werkstoffprü-

Zusammenstellung 1

Ähnlichkeitsgesetze nach M. Weber. $\alpha = \frac{L}{l}$ = Verhältnis ähnlicher Längen bei ähnlichen Körpern.

Verhältnis ähnlicher	(Reibungsloser Vorgang*)	Innere Reibung	Kapillarkräfte	Elastische Kräfte	Schwere	Allgemeine Schwere
(Arbeiten $= \frac{A}{a}$)	α^0	α^1	α^2	α^3	α^4	α^5
Kräfte $= \frac{K}{k}$		α^0	α^1	α^2	α^3	α^4
Streckenbelastungen $= \frac{S}{s}$		α^{-1}	α^0	α^1	α^2	α^3
Spannungen $= \frac{P}{p}$		α^{-2}	α^{-1}	α^0	α^1	α^2
Beschleunigungen $= \frac{B}{b}$		α^{-3}	α^{-2}	α^{-1}	α^0	α^1
Zeiten $= \frac{Z}{z}$		$\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^{-4}$	$\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^{-3}$	$\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^{-2}$	$\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^{-1}$	$\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^{0}$

*) Den reibungslosen Vorgang hat Weber nicht betrachtet.

Abb. 3
Bahn eines Brownschen Teilchens nach Perrin.

fung benutzt. Es will mir jedoch scheinen, als ob man auch auf einem andern Wege, nämlich von der Ähnlichkeitsmechanik aus, die Bedeutung der Brownschen Bewegung in das rechte Licht rücken könnte.

Die Gesetze für mechanisch ähnliche Vorgänge, die unter dem Einfluß bestimmter physikalischer Kräfte ablaufen, hat M. Weber zusammengestellt[2]); in der Zusammenstellung 1 sind diese Gesetze nach Potenzen von α geordnet worden, dabei ergibt sich im Kopf und Eingang die folgende Reihenfolge (vergl. auch Zusammenstellung 2):

Reibungsloser Vorgang		Innere Reibung	
Arbeit		Kraft	
KL		K	
Kapillarkräfte	Elastische Kräfte	Schwere	Allgemeine Schwere
Strecken-belastung	Spannung	Beschleuni-gung	Zeit
$\frac{K}{L}$	$\frac{K}{L^2}$	$\frac{K}{L^3}$	$\frac{K}{L^4}$

Die übereinander stehenden Bezeichnungen sind verwandt, was man besonders durch Vergleich der Zusammenstellung 1 mit Zusammenstellung 2 erkennt, in der die x-Werte durch die y-Werte geteilt worden sind. Für den Fall $x = y$ wird $\frac{x}{y} = 1 = L^0$.

Die x- und y-Werte sind zum Teil verstümmelte Dimensionsbezeichnungen, die im Falle der inneren Reibung, Schwere und allgemeinen Schwere nur unter bestimmten Voraussetzungen zulässig sind, beim Beiwert η der inneren Reibung nur dann, wenn in der Dimensionsbezeichnung $\frac{KZ}{L^2}$ für η die Zeit Z dem Quadrate des Weges L verhältnisgleich ist. Das ist nun aber nach Zusammenstellung 1 für ähnliche Vorgänge, die unter dem Einfluß der inneren Reibung ablaufen, der Fall; hierbei ist

$$\frac{Z}{z} = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^{-4} = \alpha^2 = \left(\frac{L}{l}\right)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3),$$

also

$$Z = C\,L^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4);$$

[2]) M. Weber, Die Grundlagen der Ähnlichkeitsmechanik und ihre Verwendung bei Modellversuchen. Berlin 1919.

das ist eine ähnliche Beziehung wie Gl. (1) von Einstein. Hi[er]nach müssen zwischen der von diesem Forscher untersucht[en] Bewegungsform, die er nachträglich als identisch mit d[er] Brownschen Bewegung ansieht, und den Vorgängen, die d[ie] innere Reibung hervorrufen, enge Beziehungen bestehen.

Die verstümmelten Dimensionen $\frac{K}{L^3}$ für die Beschle[u]nigung und $\frac{K}{L^4}$, von der der Zeitbegriff abgeleitet ist, ergeb[en] sich, wenn man ähnliche Körper gleicher Dichte $\varrho = \frac{\gamma}{g}$ [be]trachtet und $\varrho = 1$ setzt.

In allen Fällen, wo in Zusammenstellung 1 der Wert [...] auftritt, liegt ein im submikroskopischen Gebiet gültig[es] Naturgesetz vor:

$$\frac{A}{a} = \alpha^0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

entspricht dem ersten Hauptsatz und läßt sich wie fol[gt] deuten: Wenn bei einem reibungslosen Vorgang unter äh[n]lichen Verhältnissen (Zusammenstellung 1) $\frac{A}{a} = \alpha^0$ u[nd] mithin $A = a$ ist, und das gleiche für alle Systeme gilt, d[ie] den betrachteten ähnlich sind, so ändert sich die Energ[ie] beim reibungslosen Vorgang nicht, wenn sie vom einen z[um] andern ähnlichen System übergeht, sie ist demnach una[b]hängig von den Abmessungen der betrachteten ähnlich[en] Systeme. Das gleiche gilt im Falle der inneren Reibu[ng] für die Kräfte gemäß der Beziehung

$$\frac{K}{k} = \alpha^0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; ($$

Hier sind die Kräfte, die beim Stoß zweier submikrosk[o]pischer Teilchen auf die Teilchen bei konstanter Temperat[ur] einwirken, gleich groß (Aktion gleich Reaktion) und u[n]abhängig von den Größen der Teilchen. Hierin kommt [der] Zusammenhang zwischen dem Vorgang der inneren Reibu[ng] einerseits und dem der Brownschen Bewegung sowie des G[e]setzes von Avogadro anderseits zum Ausdruck.

Wichtig sind vor allem die Gesetze

$$\frac{P}{p} = \alpha^0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; ($$

bei den elastischen Kräften und

$$\frac{B}{b} = \alpha^0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; ($$

bei der Schwerkraft. Gl. (7) bedeutet, daß der auf die Mo[le]külkräfte zurückzuführende Elastizitätsmodul, der die Dim[en]sion einer Spannung hat, und damit die Schallgeschwind[ig]keit bei homogenen Körpern unter sonst gleichen Beding[un]gen (gleiche Temperatur) unveränderlich und unabhäng[ig] von den Abmessungen der ähnlichen Körper sind. Gl. ([...] sagt aus, daß alle Körper unter sonst gleichen Bedingung[en] (gleicher Abstand vom Erdmittelpunkt und luftleerer Rau[m]) in gleicher Weise beschleunigt werden und gleich schn[ell] fallen, und zwar ganz unabhängig von ihren Abmessung[en] und Massen. Bei der allgemeinen Schwere sind es die Zeit[en], die sich in Zusammenstellung 1 wie $\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)^0$ oder α^0 verhalt[en].

Es ist hiernach nicht überraschend, daß man von alters h[er] das Zeitmaß dem Lauf der Gestirne entnimmt.

Zu einem wichtigen Schlusse gelangt man, wenn m[an] die ähnlichen Kräfte K und k bei der inneren Reibung, [die] gleich groß sind, als Streckenbelastungen über den äh[n]lichen Längen L und l aufträgt. Man erhält so Rechtec[ke]

Zusammenstellung 2

Werte von $\frac{x}{y}$, K = Kraft, L = Länge.

$y =$	KL	K	$\frac{K}{L}$	$\frac{K}{L^2}$	$\frac{K}{L^3}$	$\frac{K}{L^4}$
$x = KL$	L^0	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5
K		L^0	L^1	L^2	L^3	L^4
$\frac{K}{L}$		L^{-1}	L^0	L^1	L^2	L^3
$\frac{K}{L^2}$		L^{-2}	L^{-1}	L^0	L^1	L^2
$\frac{K}{L^3}$		L^{-3}	L^{-2}	L^{-1}	L^0	L^1
$\frac{K}{L^4}$		L^{-4}	L^{-3}	L^{-2}	L^{-1}	L^0

Abb. 4 bis 13
Fortlaufende Integration der Flächen f_0 und F_0.

ꞩicher Größe, Abb. 4 und 9. Integriert man nun diese ꞁchtecke fortlaufend über L und l und teilt entsprechende ꞁegralwerte durcheinander, so erhält man nach Abb. 4 ꞁ 13 auch die Werte

$$\frac{K}{k} = a^0,\ a^1,\ a^2,\ a^3 \text{ und } a^4$$

ꞁe in Zusammenstellung 1. Diese Erscheinung führt zu dem ꞩluß, daß die Naturvorgänge im allgemeinen mit Integraꞁnen identisch sind[3]). Prüft man dieses Ergebnis an der ꞁnd der Gasgesetze, so findet man für adiabatische Zuꞩndsänderungen

bei einatomigen Gasen

$$p = C_1 T^{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}} = C_1 T^{\frac{1{,}667}{0{,}667}} = C_1 T^{2{,}5} \quad . \; . \; . \; . \; (9),$$

bei zweiatomigen Gasen

$$p = C_2 T^{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}} = C_2 T^{\frac{1{,}40}{0{,}40}} = C_2 T^{3{,}5} \quad . \; . \; . \; . \; (10),$$

ꞩo schreitet auch hier der Exponent wie bei einer Inteꞩtion um 1 fort. Geht man zu den dreiatomigen Gasen ꞁr, so erhält man mit $\varkappa = \frac{c_p}{c_0} = 1{,}33$ nach der Theorie der ꞁeiheitsgrade

$$p = C_3 T^{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}} = C_3 T^{\frac{1{,}33}{0{,}33}} = C_3 T^4 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (11).$$

Nꞁh der hier erläuterten Hypothese sollte man

$$p = C_3 T^{4{,}5} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12)$$

ꞁnd

$$\varkappa = \frac{c_p}{c_v} = 1{,}285$$

ꞁrarten.

Die vorliegenden Versuche lehren, daß sich $\varkappa = 1{,}285$ ꞁeer mit den vorliegenden Erfahrungen deckt als der Wert $\varkappa = 1{,}33$, Zahlentafel 1, das heißt, die Theorie der Fꞁiheitsgrade ist wahrscheinlich nicht ganz einwandfrei. Mꞁ muß sich überhaupt darüber wundern, daß bei den Kolꞁoteilchen (Molekülkomplexen) eine unregelmäßige Beweꞩꞁg (Brownsche Bewegung), bei den mehratomigen Gasen ꞁꞁsende Bewegungen, bei einatomigen Gasen wieder eine ꞁregelmäßige und bei den atombildenden Elektronen wieder ꞁeꞁ regelmäßige, kreisende Bewegungen vorhanden sein ꞁoen. Nimmt man an, daß in allen diesen Fällen die Beꞁꞁungsvorgänge ursprünglich ebenso wie bei der Brownꞁchn Bewegung verlaufen, so hat man wohl eine Einheitꞁickeit erreicht, aber man hat die Frage zu lösen, wie die Elementbildung aus Elektronen, der Übergang einatomiger Gase in zwei- und mehratomige, die vielen Erscheinungen auf dem Gebiete der Kolloidchemie, die Zustandsänderungen der Metalle und ihrer Legierungen usw. zustande kommen.

Die Annahme liegt nahe, daß Resonanzerscheinungen diese Vorgänge veranlassen, die, wie akustische Versuche lehren, auch bei der Brownschen Bewegung möglich sind. Man kann sich diesen Vorgang an den Oberschwingungen der Saiten klar machen, die bekanntlich die harmonische Tonreihe hervorbringen. Hierbei kommen nur solche Töne zum Vorschein, deren Schwingungszahlen ganze Vielfache des Grundtones sind. Alle anderen Schwingungen werden behindert oder ganz ausgelöscht. Bei der harmonischen Tonreihe handelt es sich gewissermaßen um das lineare Problem, Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2

Die harmonische Tonreihe, als lineares Problem betrachtet.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	usw.

Läßt man nun alle Grundtöne in einem bestimmten Bereich, etwa zwischen einer oder mehreren Oktaven, gleichzeitig ertönen, so erhält man als Flächenproblem ein Geräusch, in dem jedoch ein Tonspektrum erscheinen muß, da dieses Geräusch einen bevorzugten Ton, nämlich den tiefsten Grundton, hat, und die Obertöne der einzelnen Grundtöne einander durch Resonanz unterstützen werden. Das Tonspektrum im Geräusch entspricht jedoch nicht mehr der einfachen harmonischen Tonreihe, sondern der hiervon abgeleiteten Dur-Tonleiter, Zahlentafel 3. Die Dur-Tonleiter läßt sich in Geräuschen wie z. B. dem Straßenlärm mit Helmholtzschen Resonatoren heraushören, wenn man ihre ungefähre Höhenlage kennt. Hiernach ist der Schluß begründet, daß in solchen Systemen, wie Luft, die die Wärmebewegung der Moleküle oder die hiermit identische Brownsche Bewegung ausführen, Resonanzerscheinungen auftreten können; diese wieder können nicht ohne Folgen sein, und die Annahme ist naheliegend, daß hierbei Änderungen des Aggregatzustandes, Umwandlungspunkte[4]), chemische Reaktionen, Erscheinungen auf dem Gebiete der Kolloidchemie usw. entstehen. Dichteschwankungen hat man bei Kolloiden bereits beobachtet.

Die Ansicht, daß noch irgendein bisher unbekannter Vorgang bestehen muß, der bei dem Zusammenstoß der Moleküle eintritt, ist von namhaften Forschern wie z. B. W. Wien geäußert worden[5]). Dieser schreibt im Anschluß an eine Stellungnahme zu der Theorie der Freiheitsgrade: „Es ist möglich, daß die Zusammenstöße der Moleküle, die man bisher nach den gewöhnlichen mechanischen Stößen beurteilt hat, etwas bisher Unbekanntes mit sich bringen."

Wichtig ist nun in erster Hinsicht die Frage, ob sich aus den hier angedeuteten Gedankengängen Arbeitshypothesen gewinnen lassen. Bei der Untersuchung dieser Frage wird man im Hinblick auf die grundlegende Bedeutung der Brownschen Bewegung und ihre Verwandtschaft mit der inneren Reibung mit dieser beginnen, beide sind nach Zusammenstellung 1 und Gl. (1) eng miteinander verknüpft. Im weiteren wird man im Sinne dieser Betrachtung zwischen verschiedenen „Integrationen" unterscheiden.

Von einem Vorgang mit plötzlich verlaufender Integration wird man sprechen, wenn sich das Zähigkeitsmaß η, über der jeweiligen Temperatur aufgetragen, bei einer bestimmten Temperatur plötzlich stark ändert. Das geschieht vor allem bei der Änderung des Aggregatzustandes, sodann

[3]) Will man hiermit eine Anschauung verknüpfen, so wird man ꞁuflen noch ungeklärten, jedoch häufig bezeugten Umstand zurückꞁren, daß die Urmaterie, nämlich die Elektronen, in der Form von ꞁꞁlblitzen auftreten kann, die Kapillarerscheinungen erkennen lassen. ꞁe Übergang von den Kapillarerscheinungen zu den elastischen ist ꞁꞁ schwer, schwieriger ist der von den elastischen zu denen der ꞁchere. Hier hat Bjerknes vorgearbeitet. Die allgemeine Schwere ꞁchꞁeßlich ist nur ein Sonderfall der Erdschwere.

[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1126.

[5]) Die Kultur der Gegenwart, Bd. 1 Physik S. 243. Leipzig und Berlin 1925.

Zahlentafel 1

$\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$ für dreiatomige Gase nach Landolt-Bꞁrnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, 5. Auflage.

Substanz	chemische Formel	Temperatur °C	$\varkappa$
Waꞁerdampf	H_2O	78	1,27
		94	1,33
		103 bis 104	1,28
		144 „ 300	1,29
ꞁꞁoxydul	N_2O	— 70	1,34
		20	1,28
		0	1,31
		100	1,27
Kꞁlensäure	CO_2	— 75	1,37
		0	1,31
		20	1,30
		100	1,27
		300	1,26
		600	1,23
Scheflige Säure	SO_2	16 bis 34	1,26 bis 1,29
Schefelwasserstoff . . .	H_2S	10 „ 40	1,28
		im Mittel	1,29

ꞁmerk: Das Verhältnis $\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$ steigt mit dem Druck etwas an.

Zahlentafel 3

Die Dur-Tonleiter, als Flächenproblem der harmonischen Tonreihe betrachtet.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	×	×	×	×	×	×		×	×	×		×
2	×	×	×	×	×	×		×	×	×		×
3	×	×	×	×	×	×		24	27	30		×
4	×	×	×	×	×	×		32	36	40		×
5	×	×	×	×	×	×		40	45			×
6	×	×	×	×	×	×		48	×	×		×

Die eingeschriebenen Produkte verhalten sich zu einander wie die Töne der Dur-Tonleiter, die durch Kreuzchen (×) gekennzeichneten Produkte entsprechen Tönen, die mit einzelnen Tönen der Dur-Tonleiter Dur-Akkorde ergeben.

bei den Umwandlungspunkten der Metalle[4]), bei der Koagulation von Kolloiden und vor allem im Sinne dieser Anschauungen bei der Zähigkeit der Gase von reinen Elementen in Temperaturabständen, die der Siedetemperatur entsprechen.

Von einem Vorgang mit stetiger Integration könnte man sprechen, wenn das Zähigkeitsmaß mit der Temperatur nach Art einer e-Funktion

$$\eta = \eta_0 \, e^{\frac{T}{T_x}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (13)$$

(Funktion des organischen Wachstums) zusammenhängt. Das ist bei den Gasen der Fall, solange keine plötzliche Integration eintritt. Man kann aus diesem Grunde die Zähigkeit im gasförmigen Zustande bei solchen Elementen mit Hilfe der Gleichung (13) darstellen, deren Siedepunkt ziemlich hoch liegt, so daß keine Resonanzen im betrachteten Bereich zu erwarten sind; z. B. gilt mit $\eta_0 = \left(\frac{\eta_0}{A}\right) A$ und $T_x = c\, T_s$, wobei A das Atomgewicht, T_s [° abs] die Schmelztemperatur und T_x [° abs] die in Gl. (13) auftretende Temperatur bedeutet,

für Argon ($A = 39{,}9$) bei $T < 2\, T_d$ (T_d = Siedetemperatur)

$$\eta = 388 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{135}} = \mathbf{9{,}72} \cdot 10^{-7} A\, e^{\frac{T}{1{,}62\, T_s}} \quad \text{[in C-G-S-Einheiten]} \quad (14),$$

Brom ($A = 79{,}9$) bei $T < 1\,^1/_3\, T_d$

$$\eta = 732 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{396}} = \mathbf{9{,}27} \cdot 10^{-7} A\, e^{\frac{T}{1{,}49\, T_s}} \quad . \; . \; . \; (15),$$

Jod ($A = 126{,}92$)

$$\eta = 800 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{474}} = \mathbf{6{,}3} \cdot 10^{-7} A\, e^{\frac{T}{1{,}225\, T_s}} \quad . \; . \; . \; (16),$$

Quecksilber ($A = 200{,}6$)

$$\eta = 1150 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{375}} = \mathbf{5{,}73} \cdot 10^{-7} A\, e^{\frac{T}{1{,}6\, T_s}} \quad . \; . \; . \; (17).$$

Die durch Versuche begründete Annahme, daß sich die Zähigkeit in Abständen gleich der Siedetemperatur unstetig ändert, ermöglicht z. B. bei Sauerstoff, Argon und Helium eine Darstellung der Zähigkeit durch eine für den ganzen Meßbereich geltende Gleichung; das ist bei der berühmten Formel von Sutherland nicht der Fall. Die neue Gleichung ergibt für die tiefsten Temperaturen nahe der Siedetemperatur Beiwerte, die denen in Gl. (14) bis (17) durchaus entsprechen. Man erhält für

Helium ($A = 4$)

$$\eta = 59{,}14 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{8}} = \mathbf{14{,}78} \cdot 10^{-7} A\, e^{\frac{T}{8}} \quad . \; . \; . \; . \; (18),$$

Sauerstoff ($A = 16$)

$$\eta = 262{,}9 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{80{,}4}} = \mathbf{16{,}37} \cdot 10^{-7} A\, e^{\frac{T}{1{,}49\, T_s}} \quad . \; . \; . \; (19).$$

Hiernach ist η anscheinend eine Funktion des Atomgewichtes, was zu erwarten war. Der Wert $\frac{\eta_0}{A}$ sinkt im allgemeinen mit zunehmendem Atomgewicht. Diese Abnahme könnte durch die Abnahme der relativen Oberflächenrauhigkeit der Atome mit zunehmendem Atomgewicht hervorgerufen werden. Ist das der Fall, so müßten ringförmige Verbindungen kleinere $\frac{\eta_0}{A}$ haben als andere. Man findet für die ringförmige Kohlenwasserstoffverbindung

Benzol (C_6H_6, Molekulargewicht $M = 78{,}05$) bei 0 bis 100 °C

$$\eta = 170 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{192{,}3}} = \mathbf{2{,}18} \cdot 10^{-7} M\, e^{\frac{T}{2{,}93\, T_s}} \quad . \; . \; . \; (20),$$

dagegen z. B. für Chloräthyl (Äthylchlorid $C_2\,H_5\,Cl$. $M = 64{,}5$)

$$\eta = 470 \cdot 10^{-7}\, e^{\frac{T}{393}} = \mathbf{7{,}3} \cdot 10^{-7} M\, e^{\frac{T}{2{,}93\, T_s}} \quad . \; . \; . \; . \; (21).$$

T_x ist in zahlreichen Fällen bei Elementen der Schme temperatur nahezu verhältnisgleich. Dieser Zusammenha kommt deutlicher zum Ausdruck, wenn man für Gl. (1 schreibt

$$\ln \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{T}{T_x} = \text{konst.}$$

Hieraus erhält man

$$T_s = \frac{\eta}{c} \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}\eta} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2$$

Es fällt auf, daß die „Integrationen" nach verschieden Richtungen verlaufen: So treten bei der Änderung d Aggregatzustände die höheren Integrationen im allgemein bei niedrigeren Temperaturen ein, und reine Gase wie W serstoff sind bei höheren Temperaturen einatomig und b tieferen zweiatomig. Anderseits verlaufen die stetigen In grationen im allgemeinen mit zunehmender Temperatur. E Beispiel hierfür ist die stetige Abnahme von $\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$ mit z nehmender Temperatur (vergl. z. B. die $\varkappa$-Werte für C in Zahlentafel 1).

Man wird nicht fehlgehen in der Annahme, daß es si hierbei um Diffusionsvorgänge handelt, indem kleinere Ga teilchen in andere bei höherer Temperatur leichter hine diffundieren oder adsorbiert werden. Abb. 1 und 2 führ diesen Vorgang beim Rauch vor Augen. Dieser Vorga ist grundsätzlich von der „Integration" bei Resonanz v schieden, beide Vorgänge hängen jedoch insofern zusamm als das Hineindiffundieren, das mit einer Lösung glei bedeutend ist, nach Resonanzen stark zunimmt. Ein B spiel hierfür ist die plötzliche Änderung der Löslichkeit v Gasen in Metallen bei Umwandlungspunkten[6]).

Beachtet man, daß beim Kochen von Speisen, wobei u. Geruchstoffe in die Speisen hineindiffundieren und hie bestimmte Mindesttemperaturen einzuhalten sind, offenb ganz ähnliche Vorgänge vorliegen, und beachtet man fern daß auch das Wohlbefinden der Lebewesen an bestimm Körpertemperaturen geknüpft ist, die z. B. im Falle d Talges und Schmalzes der Tiere in dem Bereich liegen, solche Fette schmelzen und erstarren, so erkennt man, d die Ansicht von Brown, er habe bei der Brownschen Bev gung, auf die die Diffusionserscheinungen zurückgehen, Grunderscheinung des Lebens, nämlich das mit einer Eig bewegung ausgestattete Urmolekül gefunden, insofern rich ist, als die Brownsche Bewegung für die Naturerschein gen und die des Lebens jedenfalls von allergrößter Bed tung ist.

Für die Meßtechnik ist schließlich die Brownsche B wegung in letzter Zeit dadurch von Bedeutung geword daß man erkannt hat, daß die Ablesegenauigkeit bei V wendung von Elektronenröhren zur Gleichstromverstärku durch das dauernde Schwanken der Nullage infolge d Brownschen Bewegung der Moleküle des umgebenden Ga eine natürliche untere Grenze hat[7]). [M 1007]

[6]) K. Iwasé, Science Rep. Tohoku Univ. Bd. 15 (1926) S. 531 u „Stahl und Eisen" Bd. 47 (1927) S. 1786.

[7]) R. Jäger und A. Kußmann, Physikalische Zeitschrift Bd (1927) S. 645.

Schlechte Erfahrungen mit doppelten Schiffsübersetzungsgetriebe

Infolge von schlechten Erfahrungen, welche man k nach dem Kriege, vor allem auf amerikanischen Hande schiffen, mit doppelten Übersetzungsgetrieben in Verb dungen mit Turbinen machte, hat man in den letzt Jahren von der Verwendung solcher Getriebe abgesel und ausschließlich einfache Getriebe auf neuen Schif eingebaut. Jetzt wird bekannt, daß auch die größ seinerzeit mit doppelten Getrieben ausgerüsteten Schi die von ersten britischen Werften gebaut worden war neue Maschinenanlagen erhalten sollen. Es handelt s um drei Schwesterschiffe: „Montcalm", „Montglare" u „Montrose" der Canadian Pacific Railway Company von 16 000 B.-R.-T. mit je etwa 8000 PS und um den grof Schnelldampfer „Express of Canada" derselben Gesellsch mit 21 500 B.-R.-T. und etwa 18 000 PS. Die Schiffe sol einfache Getriebe erhalten, und aus diesem Grunde müss auch die ganzen Turbinenanlagen erneuert werden. A vier Schiffe sind in den Jahren 1921 und 1922 geb worden. („Shipping and Engineering" Shanghai, 29. J 1928) [N 1957] C

Wärmeübergang strömender Flüssigkeit in Rohren

Von L. Schiller und Th. Burbach, Leipzig

Abteilung für angewandte Mechanik und Thermodynamik des Physikalischen Instituts

Überblick über den bisherigen Entwicklungsgang der Theorie des Wärmeübergangs für „Flüssigkeiten" im engeren Sinn. Theoretische Ableitung einer neuen Gleichung für den Wärmeübergang von strömender Flüssigkeit an die Rohrwand für den Fall „großer Anlauflängen". Sie entspricht im allgemeinen Aufbau der Nußeltschen Gleichung, die aus Versuchen mit Gasen gewonnen wurde. Die neue Gleichung steht in guter Übereinstimmung mit neuen eigenen Versuchen über den Wärmeübergang von heißem Wasser an die Rohrwandung.

Der hauptsächliche Entwicklungsgang der Theorie[1]) ist kurz so: Zuerst hat Reynolds[2]) in Erkenntnis des Gemeinsamen von Wärme- und Im‑ ...skonvektion eine Gleichung für den Wärmeübergang ...leleitet. Dann hat ohne Kenntnis der Reynoldsschen ...beit Prandtl[3]) durch strengere Behandlung die Gren‑ ...ze der Reynoldsschen Gleichung aufgezeigt: sie gilt ...nı für $\sigma = \frac{\lambda}{c\,\mu} = 1$ (λ = Wärmeleitfähigkeit, c = spezifi‑ ...sche Wärme bei konstantem Druck, μ = Zähigkeit), d. h. ...nähernd für wirkliche Gase, dagegen nicht für Flüssig‑ ...keiten. Für diese hat Prandtl gleichzeitig eine Theorie ...ıgestellt: ausgehend von seiner Grenzschichten-Hypo‑ ...hse, teilt er die Flüssigkeit in einen turbulenten Kern ...ıı in eine laminare Grenzschicht. Für den ersten gilt ...wegen der dort völlig gleichartig verlaufenden Konvek‑ ...tion von Impuls und Wärme, derselbe Gedankengang wie ...oben (nur das Zähigkeits- bzw. das Wärmeleitungsglied ...et jetzt in den Differentialgleichungen, und daher er‑ ...itigt sich die Bedingung $\sigma = 1$); für die Grenzschicht ...ri der laminare bzw. der Wärmeleitungsansatz. Da beide ...Wärmeströme gleich sein müssen, ergibt sich so eine neue ...leichung für den Wärmeübergang.

Sie enthält aber noch eine Unbekannte: $\frac{u_g}{\bar{u}}$, das Ver‑ ...hältnis der Geschwindigkeit an der Innenseite der Grenz‑ ...schicht zu der mittleren Geschwindigkeit. Prandtl gibt ...ich einen Weg zu seiner angenäherten Bestimmung, ...nämlich aus den Nußeltschen Beobachtungen über den ...Wärmeübergang. Er kommt so zum Wert 0,056, den er ...allerdings als unwahrscheinlich klein bezeichnet. Es ist ...ein eigenartiges Spiel des Zufalls und kennzeichnet den ...Grad der Unsicherheit, daß sechs Jahre später G. J. Tay‑ ...lor, augenscheinlich wieder ohne Kenntnis der Prandtl‑ ...schen Arbeit, ganz ähnliche Grenzschichtbetrachtungen ...nellt und, ausgehend von Stantons Messungen über die ...Geschwindigkeitsverteilung für $\frac{u_g}{\bar{u}}$, den Wert 0,56, also ...genau das Zehnfache findet. Nun ist man allerdings ...neuerdings[4]) seit Entwicklung der Prandtl-Kármánschen ...Ähnlichkeitsbetrachtungen imstande, $\frac{u_g}{\bar{u}}$ sicherer abzu‑ ...schätzen, insbesondere als Funktion der Reynoldsschen ...Zahl anzugeben. Es ergibt sich unter Voraussetzung des ...Gesetzes $\frac{u_g}{\bar{u}}$ = Zahl $\times R^{-1/8}$, wobei Prandtl die Zahl zu ...etwa 1 abschätzt. Eine Prüfung an geeigneten Versuchen ...steht noch aus, dagegen hat Stanton[5]) die Taylorsche ...Gleichung an Wasserversuchen von Soennecken[6]), an ...eignen und ebenso an Luftversuchen von Pannell ...geprüft. Die Abweichungen betragen 20 bis 40 vH.

Die experimentelle Arbeit, die sowohl nach der Güte der Versuche als auch nach ihrer Fassung in eine von Ähnlichkeitsbetrachtungen diktierte Form heute als die klassische Arbeit bezeichnet werden kann, ist die von Nußelt[7]) an Preßluft und andern Gasen. Leider aber versagte die Nußeltsche Gleichung bisher gegenüber den mit Flüssigkeiten angestellten Versuchen. Lag das daran, daß sich die Versuche (zu kurze Anlauflängen) nicht dafür eignen, oder daran, daß die Nußeltsche Gleichung vielleicht nur für Werte von σ nahe 1 gilt, oder an beidem? Wir werden im Folgenden eine theoretische Behandlung geben, die auch für $\sigma \neq 1$ zu einer der Nußeltschen weitgehend verwandten Gleichung führt. Diese Gleichung stimmt bei entsprechend großen Anlauflängen mit unsern an Wasser angestellten Messungen befriedigend überein.

Ehe wir die Ableitung für $\sigma \neq 1$ durchführen, wollen wir vorerst eine etwas veränderte Ableitung für $\sigma = 1$ angeben, verändert insofern, als wir schon hier unser Hauptaugenmerk auf die Vorgänge an der Wand statt in der Grenzschicht richten. Dies bietet im Falle $\sigma \neq 1$ den Vorteil, daß der mehr oder weniger unsichere Quotient $\frac{u_g}{\bar{u}}$ in unsrer Rechnung und in unserm Ergebnis nicht auftaucht, und wir außerdem schon im ersten Fall $\sigma = 1$ genau angeben können, für welchen Bereich die einzelnen Stoffbeiwerte einzusetzen sind. Für $\sigma = 1$ folgt aus der Ähnlichkeit[8]) der beiden Differentialgleichungen (der thermischen und der hydrodynamischen) die Ähnlichkeit des Geschwindigkeits- und des Temperaturfeldes. Insbesondere gilt deswegen an der Wand:

$$\left(\frac{d\,u}{d\,y}\right)_w \frac{1}{\bar{u}} = \left(\frac{d\,T}{d\,y}\right)_w \frac{1}{\bar{T} - T_w}$$

(Zeiger „w" = „an der Wand", u = Geschwindigkeit, T = Temperatur, $\bar{u}$, $\bar{T}$ = Mittelwerte).

Aus dem Widerstandsgesetz folgt

$$\left(\frac{d\,u}{d\,y}\right)_w \frac{1}{\bar{u}} = \frac{\psi\,\varrho\,\bar{u}}{4\,\mu_w}.$$

(ϱ = Dichte, μ = Zähigkeit, ψ = Widerstandszahl).

Durch Elimination von $\left(\frac{d\,u}{d\,y}\right)_w$:

$$\left(\frac{d\,T}{d\,y}\right)_w = \frac{\psi\,\varrho\,\bar{u}}{4\,\mu_w}(\bar{T} - T_w).$$

Für den Wärmestrom Q durch die Wand gilt:

$$\frac{Q}{t\,F} = \lambda_w \left(\frac{d\,T}{d\,y}\right)_w = \lambda_w \frac{\psi\,\varrho\,\bar{u}\,(\bar{T} - T_w)}{4\,\mu_w}$$

(t = Zeit F = Fläche)

und für die Wärmeübergangszahl in der üblichen Definition

$$\alpha = \frac{Q}{t\,F\,(\bar{T} - T_w)} = \frac{\lambda_w\,\psi\,\varrho\,\bar{u}}{4\,\mu_w}$$

und schließlich in dimensionslosen Größen:

$$\frac{\alpha\,d}{\lambda_w} = \psi\,\frac{\varrho\,\bar{u}\,d}{4\,\mu_w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

(d = Rohrdurchmesser)

Im Fall $\sigma \neq 1$ gilt der obige Ähnlichkeitsansatz für Temperatur- und Geschwindigkeitsfeld allgemein nicht mehr; er gilt noch (wegen des Wegfalls des Zähigkeits- und Wärmeleitungsgliedes) in der turbulenten Kernströmung, dagegen nicht mehr in der laminaren Grenzschicht, also auch nicht an der Wand. Um nun das von dem wirklichen Geschwindigkeitsgefälle an der Wand abweichende Geschwin-

[1]) Uns beschäftigen hier nur die Schritte, die zu Ergebnissen für „Flüssigkeiten" im engeren Sinn geführt haben. Die Entwicklung nach andrer Richtung, nämlich von dem Gebiet „großer Anlauflängen", das uns hier beschäftigt, in das (thermische und hydrodynamische) „Anlaufgebiet" hinein verdanken wir den Arbeiten von v. Kármán-Latzko.

[2]) Proc. Manchester Lit. and Phil. Soc. 1874, S. 9, s. a. Stanton, Phil. Trans. Roy. Soc. (A) 190. 67. 1898.

[3]) Eine Beziehung zwischen Wärmeaustausch und Strömungswiderstand der Flüssigkeiten. Phys. Z. Bd. 11 (1910) S. 1072.

[4]) Worauf mich Herr Prandtl freundlichst hingewiesen hat.

[5]) Techn. Rep. of the Advisory Committee for Aëronautics 1916/17 S. 1...

[6]) Der Wärmeübergang von Rohrwänden an strömendes Wasser. Diss. T. H., München 1910.

[7]) Der Wärmeübergang in Rohrleitungen, Habilitationsschrift 1909

[8]) Über die strengere Fassung hierzu vergl. die Arbeit von Prandtl a. a. O.

Abb. 1
Wärmeübergangszahl und Peclet'sche Zahl.

digkeitsgefälle zu finden, welches das Abbild des vorhandenen Temperaturgefälls darstellt, verfahren wir folgendermaßen: Wir denken uns eine Strömung, die von der vorhandenen darin abweicht, daß die Flüssigkeit eine andre Zähigkeit μ' hat, derart, daß $\sigma' = \sigma'_w = 1$, d. h $\mu'_w = \mu' = \mu_w \sigma$ wird. Dann ändert die neue Zähigkeit an dem Strömungs- und Temperaturbild der Kernströmung, das wesentlich durch konvektive Wirkungen beeinflußt ist, nichts. Dagegen wird das Geschwindigkeitsfeld der Grenzschicht jetzt das Abbild des vorhandenen Temperaturfeldes und insbesondere das Gefälle an der Wand das gesuchte Abbild des gesuchten Temperaturgefälls.

Die Änderung des Geschwindigkeitsfeldes an der Wand ist wegen der dort streng vorhandenen Laminarströmung mit genügender Annäherung[9]) ohne Einfluß auf den Wärmeübergang. Das gesuchte Geschwindigkeitsgefälle der Ersatzflüssigkeit an der Wand erhält man aus dem vorhandenen mit Hilfe des Blasiusschen Widerstandsgesetzes zu:

$$\left(\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,y}\right)'_w = \left(\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,y}\right)_w \frac{1}{\sigma}\left(\frac{\mu'}{\mu}\right)^{1/4}.$$

Durch Vergleich mit der obigen Rechnung für $\sigma = 1$ erkennt man, daß man den Wert $\frac{\alpha d}{\lambda_w}$ jetzt erhält, wenn man den obigen mit $\frac{1}{\sigma}\left(\frac{\mu'}{\mu}\right)^{1/4}$ multipliziert.

Also:

$$\frac{\alpha d}{\lambda_w} = \frac{\psi}{4}\,\frac{\bar{\varrho}\,\bar{u}\,d}{\mu_w}\,\frac{1}{\sigma}\left(\frac{\mu'}{\mu}\right)^{1/4}$$

oder mit Blasius' Wert für ψ:

$$\frac{\alpha d}{\lambda_w} = 0{,}0395\,\frac{\bar{u}^{-1/4}\,d^{-1/4}\,\bar{\varrho}^{-1/4}}{\bar{\mu}^{-1/4}}\,\frac{\bar{\varrho}\,\bar{u}\,d}{\mu_w}\,\frac{c_w\,\mu_w}{\lambda_w}\,\frac{\lambda_w^{1/4}}{c_w^{1/4}}\,\frac{1}{\mu^{1/4}}$$

oder

$$\frac{\alpha d}{\lambda_w} = 0{,}0395\left(\frac{\bar{u}\,d\,\bar{\varrho}\,c_w}{\lambda_w}\right)^{3/4} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2).$$

Wir schreiben daneben die Nußeltsche empirische Gleichung:

$$\frac{\alpha d}{\lambda_w} = 0{,}0292\left(\frac{\bar{u}\,d\,\bar{\varrho}\,\bar{c}}{\lambda_w}\right)^{0{,}786}$$

und erkennen die weitgehende Verwandtschaft. Ein Vorzug unsrer theoretischen Ableitung liegt darin, daß die

9) Die Temperaturverteilung der gedachten Flüssigkeit stimmt in der Kernströmung und in der laminaren Grenzschicht mit der der wirklichen überein. Dagegen kann in der Übergangzone eine gewisse Abweichung herrschen, die auch $\bar{T}$ etwas beeinflussen kann. In diesem Punkt ist die Theorie als Näherung zu werten.

Abb. 2
Wärmeübergangszahl und Anlauflänge.

Zeiger für die Stoffwerte ganz klar herauskommen, bisher nicht der Fall war[10]).

Eine Übereinstimmung unsrer Gl. 2) mit dem periment kann man natürlich nur erwarten, wenn die Ableitung zugrunde liegenden Bedingungen annähernd füllt sind. Das ist hier in erster Linie genügende Anl länge bis zur Meßstelle, so daß die Gültigkeit des Blas schen Gesetzes gewährleistet ist. Wie unsre mit heiß Wasser angestellten Versuche zeigen, ist diese Anlauflä sehr erheblich, was jedoch nicht weiter wundernehmen da die starken thermischen Störungen, die aus dem Ke mitkommen, natürlich auch erhebliche Zeit zum Abklin brauchen. Wir haben also in dem Wert der Gl. (2) ei unteren Grenzwert für große Anlauflängen zu sehen, um so größer ausfallen, je höher die Kesseltemperatu liegen.

Mit dieser Überlegung stimmen durchaus überein un Versuchsergebnisse[11]), von denen einige in Abb. 1 w dergegeben sind. Die Meßstelle lag bei einer Anlauflä von 400 Durchmessern. In jeder Gruppe von Versuc punkten gehört der unterste, der der theoretischen Li zunächst liegt, zur tiefsten Kesseltemperatur von 69, die nach oben zu folgenden zu 85,5, 101,8 und 118 °. I die Nußeltsche Linie über unsrer liegt, rührt daher, seine Versuche Mittelwerte über Strecken ergeben, die Anlaufgebiet hineinragen. Wie sich die Versuchswe mit zunehmender Anlauflänge den theoretischen Wer nähern, erkennt man gut aus Abb. 2, deren Linien erw ten lassen, daß auch für die höheren Kesseltemperatu bei entsprechend höherer Anlauflänge die berechneten die Versuchswerte zusammenfallen[12]).

Unsre Ableitung läßt sich auch auf jedes andre Wid standsgesetz, damit vielleicht näherungsweise auch auf Anlauf, anwenden. Versuche mit einem rauhen Rohr, d. quadratischem Widerstandsgesetz[13]) sind zur Zeit Gang und versprechen auch zufriedenstellende Übere stimmung mit der Theorie.

Unsere Versuche erfreuten sich der fördernden Unt stützung der Helmholtz-Gesellschaft, wofür auch hier beste Dank ausgesprochen sei. [B 1614

10) Vergl. hierüber Nußelt, Die Wärmeübertragung an Wa im Rohr. Festschrift zur Hundertjahrfeier der Technischen Ho schule Karlsruhe 1925. Die Nußeltsche Gleichung ist hier zwe besseren Vergleichs der unsrigen angepaßt. Insbesondere ist Nenner λ_w statt $\bar{\lambda}$ gesetzt. Das hat zur Folge, daß sich der Fal nicht unbeträchtlich ändert. Auch gilt die Gleichung, wie Nußeltsche, zunächst nur für die Verhältnisse der Nußeltschen suche, während unsre Gleichung allgemeine Geltung beansprucht.

11) Die ausführlichere Darstellung der Versuche und ihrer Erg nisse enthält die Dissertation von Burbach, in der auch Verglei mit andern bekannten Formeln gegeben werden.

12) Die berechnete Linie verliert bei den kleineren Anlauflän ihre Bedeutung, da, wie entsprechende Messungen ergaben, dort Blasiussche Gesetz nicht mehr gilt. Sie ist dort nur gezeichnet, die Annäherung der Versuchswerte an die theoretischen deutlich machen.

13) In diesem Fall kommt man zu der Gleichung:

$$\frac{\alpha d}{\lambda_w} = \frac{\psi}{4}\,\frac{\bar{u}\,d\,\bar{\varrho}\,c_w}{\lambda_w}$$

und damit zu Übereinstimmung mit Prandtls Theorie für sehr sta Turbulenz.

RUNDSCHAU

Dampfkessel

7. Tagung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine, München 1928

Der Allgemeine Verband der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine hielt seine diesjährige Tagung vom 31. Juli bis 2. August ab. Die öffentliche Sitzung, zu der etwa 150 Teilnehmer erschienen waren, wurde am 1. August von Dir. Rüster, München, mit einer Begrüßung der zahlreichen Gäste sowie mit einer Reihe von Ansprachen eröffnet. In diesen Ansprachen kam auch die langjährige Mitarbeit des Vereines deutscher Ingenieure an den Aufgaben des Verbandes zum Ausdruck.

Prof. Eberle, Darmstadt, trug sodann über Wärmeverteilung mit Heißwasser unter Berücksichtigung der Fernheizwerke vor. Während man sich auf dem Gebiete der Raumheizung, wo sich das Warmwasser als Wärmeträger in jahrelangem Betrieb als wirtschaftlich erwiesen hat, mit Temperaturen unter 100° begnügen konnte, beginnt in neuerer Zeit das Wasser als Wärmeträger auch bei der industriellen Heizung eine Rolle zu spielen, bei der Heizkörpertemperaturen bis zu 200° in Frage kommen. Der Vortragende untersuchte vergleichend die Erzeugung, die Verteilung und die Verwendung der Heizwärme mittels Heißwasser und mittels Dampf, wobei sich ergibt, daß in keinem von diesen Gebieten ein wesentlicher Unterschied in der Anwendbarkeit der beiden Wärmeträger zu finden sei. Wenn überhaupt von Unterschieden gesprochen werden könne, so wären sie als Vorteile des Heißwassers zu bezeichnen, weil bei Verwendung von Wasser als Heizmittel insbesondere die niemals ganz zuverlässigen Kondenstöpfe entfallen können. Unter einigen Beispielen von Heizanlagen dieser Art behandelte der Vortragende auch an der Hand von bestimmten Unterlagen den Plan, eine größere Anzahl von Textilfabriken aus einem vorhandenen Elektrizitätswerk mit Heizwärme zu versorgen.

Die Untersuchung einer solchen Anlage an der Hand des wirklichen Verlaufes der Belastungen ergibt, daß man an einem Wintertag bei 24 000 kWh nutzbarer Stromabgabe 970 Mill. kcal für Heizzwecke abgeben könnte, so daß sich der Wärmeverbrauch für die reine Krafterzeugung nur auf 1680 kcal/kWh belaufen würde, während man heute in elektrischen Kraftwerken mit Kondensationsbetrieb selbst bei Anwendung der neuesten Fortschritte der Dampftechnik alle Mühe hat, einen Wärmeverbrauch von 3000 kcal/kWh zu erreichen.

Prof. Loschge, München, sprach über die Anwendung des Hochdruckdampfes an der Hand der neuesten Erfahrungen über Dampfkessel und Dampfturbinen. Während bei uns auch neuere Untersuchungen von Eberle und von Ebel gezeigt haben, daß die wirtschaftliche Grenze für die Drucksteigerung in Anlagen von mittleren Leistungen bei etwa 25 at Überdruck liegt, hört man aus Amerika nach wie vor günstigere Ansichten über den Betrieb mit viel höheren Anfangsdrücken. Eine Erklärung für diesen Widerspruch erblickt der Vortragende darin, daß sich die amerikanischen Berichte auf Anlagen für größere Leistungen beziehen.

Neben den von dem Üblichen abweichenden Dampferzeugern für hohe Drücke scheinen sich auch Teilkammer- und Steilrohrkessel zu bewähren, von denen der Vortragende den Babcock & Wilcox-Kessel des Edgar-Kraftwerkes für 84 at, einen Dreitrommel-Steilrohrkessel für 20 at mit Rohbraunkohlenfeuerung von Keilmann & Völker sowie einen Zweitrommel-Steilrohrkessel der Firma Steinmüller, A.-G., für 100 at mit besonderer Dampfabscheidetrommel behandelte. Auch reine Röhrenkessel ohne Trommeln, deren Rohre im Gegensatz zum Benson-Dampferzeuger nicht voll gefüllt sind, sondern durch Einspritzen von Wasser ständig mit Wasser bespült werden, kommen in neuerer Zeit für hohe Drücke in Betracht. Der Nachteil des geringen Speichervermögens der neueren Hochdruck-Dampferzeuger, auf den besonders auch Orrock hinweist, sei nicht so schwerwiegend, denn einmal brauche man bei höherem Druck entsprechend kleinere Verdampfende Oberflächen, und dann dürfe man hoffen, daß die selbsttätige Regelung des Kesselbetriebes ähnlich wie bei den Kraftmaschinen mit der Zeit jede Art von Speicher zur Überwindung von Lastschwankungen überflüssig machen werde.

Bei der Entwicklung der Dampfturbinen hob der Vortragende die Schwierigkeiten wirtschaftlicher Gestaltung der Schaufelquerschnitte hervor, die durch das geringe Volumen des Dampfes verursacht werden. Diese Schwierigkeiten habe man nach dem Muster der Brünner Turbine durch Anwendung zahlreicher Gleichdruckstufen und Verwendung hoher Drehzahlen bei kleinen Laufraddurchmessern beherrschen gelernt, wie, allerdings nicht ganz zutreffend, an Beispielen der Ersten Brünner Maschinen-Fabriks-Gesellschaft, der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und von Escher, Wyss & Cie. gezeigt wurde.

Die Steigerung der Drücke in den Gehäusen führte zur Ausbildung von mehrfach ineinander gelagerten Stopfbüchsen, verbunden mit Kohlenring- oder Wasserringabdichtung. Große Vorsicht erfordern Formänderungen der Gehäuse, die durch das Verlagern der Läufer zu Schaufelschäden führen können. Der Gütegrad von Hochdruck-Dampfturbinen erreicht erst bei sehr großen Dampfmengen die sonst bei niedrigen Dampfdrücken üblichen Werte. Auch dies weist darauf hin, daß sich der Hochdruck-Dampfbetrieb in erster Linie für große Leistungen eignet, da man aus andern Gründen im allgemeinen wenig geneigt sein wird, die hier bedeutend wirtschaftlichere Kolbenmaschine anzuwenden.

In der Aussprache wies Prof. Zerkowitz, München, auf die Veränderungen hin, denen die Wärmeverhältnisse von Hochdruck-Dampfanlagen bei Zwischenüberhitzung des Dampfes mit Hilfe von Frischdampf oder von Flüssigkeiten unterliegen. Er machte ferner auf den Fortschritt aufmerksam, den die Anwendung der Zahnrädervorgelege in bezug auf die Wahl der Drehzahlen und auf die Eignung von Überdruck-Trommelturbinen für hohe Dampfdrücke ermöglicht. Obering. Zwiauer, Wien, teilte außerdem einiges über die Bauart und die bisherigen Betriebserfahrungen in der Hochdruck-Dampfanlage nach dem Verfahren von Löffler in der Wiener Lokomotiv-Fabrik mit.

Obering. Ries vom Bayerischen Revisionsverein, München, berichtete sodann kurz über die Ergebnisse der in der Versuchsanstalt des Bayerischen Revisionsvereines ausgeführten Versuche über das Einwalzen von Rohren. Diese Versuche wurden unter Leitung von Prof. Loschge und Dir. Rüster auf Veranlassung des Wasserrohrkesselverbandes, Düsseldorf, durch die Materialprüfstelle des Bayerischen Revisionsvereines ausgeführt. Der Verein deutscher Ingenieure, die Notgemeinschaft deutscher Wissenschaft und der Zentralverband der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine waren mit namhaften Beträgen an den Versuchen beteiligt. Für diese Versuche wurde eine Einrichtung entworfen, die durch Herausdrücken des Einwalzdornes mittels eines Druckwasserkolbens gestattet, die von den bohnenförmigen Walzrollen auf die Rohrwand ausgeübte Kraft unmittelbar zu messen. Bisher wurden Versuchsreihen mit glatten, mit rauh abgedrehten und mit befeilten Haftflächen ausgeführt.

Aus den Ergebnissen kann u. a. geschlossen werden, daß die Haftkraft des Rohres unabhängig von der Beschaffenheit der haftenden Oberfläche bei dem gleichen Walzdruck ihren Höchstwert erreicht, und daß sie in Übereinstimmung mit den Versuchen von Siebel und von Langen proportional mit der Dicke der Rohrwand zunimmt. Bei dicken Rohrplatten erreicht man eine genügende Dichtheit und Haftfestigkeit der Verbindung auch dann, wenn man das Rohr nicht auf der ganzen Plattendicke einwalzt. Bleibende Formänderungen in der Rohrplatte treten nur unmittelbar am Lochrand, elastische Formänderungen dagegen in Entfernungen bis zu ⅓ des Rohrlochdurchmessers auf.

In der Aussprache berichtete Dr. Nehl über einige Versuche im Werk von Thyssen A.-G., aus denen hervorgeht, daß bei entsprechender Vorbehandlung der Bleche Alterungserscheinungen infolge des Rohreinwalzens auch bei Verwendung solcher Stähle vermieden werden können, die sonst nicht alterungsbeständig sind. Bei dem Stahl der Rohre zeigten die Untersuchungen die wesentliche Abnahme der Neigung zum Altern infolge der Verformung während des Walzvorganges. Dr. Fried wies demgegenüber auf die Notwendigkeit hin, dem neueren Kesselbau mit seinen gesteigerten Anforderungen möglichst sichere Werkstoffe zur Verfügung zu stellen.

Dir. Bracht, Düsseldorf, berichtete nach der Mittagspause über Kesselschäden, die in der neuen Versuchsanstalt seines Revisionsvereines genauer untersucht worden sind[1]). Besonders bemerkenswert war z. B. der Bericht über Rißbildungen in einem alten Baumwollkocher, bei denen man aus dem interkristallinen Verlauf der Risse auf den Einfluß verdünnter Laugen in Verbindung mit vor-

[1]) Vergl. a. Veröffentlichungen des Zentral-Verbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine Bd. 4, Berlin 1928, VDI-Verlag.

angegangener Kaltverformung durch Verstemmen schließen kann. Ein schwerer Krempenbruch an dem Deckel einer Lanz-Lokomobile wurde aus unrichtiger Wärmebehandlung beim Umbiegen des Blechrandes und aus zu scharfer Krümmung des Randes erklärt. Ergänzend hierzu berichtete Dir. Haier, Hannover, über einen ähnlichen Fall, dessen einzige Ursache der zu kleine Krümmungshalbmesser am Rande der Krempe gebildet hat.

Zum Schluß sprach Dipl.-Ing. Presser, Köln, über neue im Gang befindliche Versuche an Kohlenstaubmühlen, die insbesondere die Beziehungen zwischen der Mahlbarkeit und den andern Eigenschaften der Kohle näher aufklären sollen. Der Vortrag stützte sich zum großen Teil auf die Berichte über die bekannten Forschungen von Rosin und seinen Mitarbeitern, wobei jedoch darauf hingewiesen wurde, daß die Abhängigkeit des Arbeitsbedarfs einer Kohlenstaubmühle vom Feinheitsgrade des Kohlenstaubes durch die Bauart des Sichters entscheidend beeinflußt wird. Bei der vom Vortragenden beschriebenen Resultor-Mühle haben diese Kennlinien ausgesprochene Mindestwerte, während bei der Maxecon-Mühle der Kraftbedarf fast proportional mit der Feinheit zunimmt. Nach dem heutigen Stande kann man annehmen, daß der Kraftbedarf der Mühlen unter mittleren Verhältnissen etwa 25 bis 30 kWh/t beträgt.

Die Teilnehmer waren am Abend des gleichen Tages Gäste bei einem vom Bayerischen Revisionsverein dargebotenen „Münchener Abend“, dessen künstlerische und humoristische Darbietungen dem Münchener Kunst- und Frohsinn und der fast unerschöpflichen Erfindungsgabe des verdienten Leiters dieser ganzen Veranstaltungen große Ehre machten. Die Teilnehmer werden auch diesen Abend in angenehmster Erinnerung behalten.

Am 2. August wurden die Materialprüfstelle des Bayerischen Revisionsvereins sowie das Städtische Elektrizitätswerk oberhalb des Isartalbahnhofes besichtigt, das als Spitzenkraftwerk die Versorgung der Stadt mit Wasserkraftstrom unterstützt.

Am 2. August fand ferner die Jahresverammlung des Zentral-Verbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine statt, die Dir. Feiler als Vorsitzender leitete. Dir. Vigener, Halle, erstattete hier einen umfassenden Bericht über die Entwicklung der Dampfkessel, namentlich für hohe Drücke, der Feuerungsanlagen, unter denen die Rostfeuerungen und die Kohlenstaub-Zusatzfeuerungen für Braunkohle wesentliche Fortschritte zu verzeichnen haben, sowie der übrigen Arbeitsgebiete der Dampfkessel-Überwachungsvereine. Eine erfreuliche Zunahme weisen die Neubauten an Kesseln gegenüber dem Vorjahr auf. Allerdings konnte diese Zunahme den schon seit Jahren beobachteten Rückgang in der Gesamtzahl der Kessel und im Gesamtumfang ihrer Heizfläche noch nicht aufhalten. [N 1886] Dr. Heller

Werkstoffbearbeitung

Neue Zerspanungsuntersuchungen

Kürzlich ist eine bedeutsame Forschungsarbeit auf dem Gebiet der wirtschaftlichen Metallbearbeitung zum Abschluß gekommen, um deren Durchführung sich der Verein deutscher Ingenieure durch Anregung und Unterstützung besonders verdient gemacht hat. Auf Grund einer Besprechung am 11. September 1925 über noch zu klärende Zerspanungsfragen beschloß der Wissenschaftliche Beirat des Vereines deutscher Ingenieure entsprechende Untersuchungen anstellen zu lassen. Die Durchführung der Versuche wurde dem unter Leitung von Prof. Schlesinger stehenden Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin übertragen[1]), dem außerdem Mittel vom Reichsverkehrsministerium und vom Reichsverband der Automobilindustrie zur Verfügung gestellt wurden.

Da ich an andrer Stelle[2]) ausführlicher über die technische Durchführung und Auswertung der Versuche berichtet habe, soll hier nur kurz über Ziel und Ergebnis, sowie über Schlußfolgerungen gesprochen werden, die sich für die Praxis daraus ziehen lassen.

Ziel der Versuche

Das Ziel war die Klärung der Zusammenhänge zwischen Schnittgeschwindigkeit und Standzeit des Drehstahles ohne und mit Kühlung, und zwar vor allem für die Werkstoffe des Automobilbaues, also Nickelstähle und Chromnickelstähle. Vergleichsversuche sollten auch für Siemens-Martin-Stähle durchgeführt werden. Die Klärung dieser Fragen ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil die wirtschaft-

[1]) Schlesinger, Die Bearbeitbarkeit der Konstruktionsstähle im Automobilbau, „Stahl und Eisen“ Bd. 48 (1928) S. 307 u. 338.

[2]) Kronenberg, Über neue Zerspanungsuntersuchungen, „Maschinenbau“ Bd. 7 (1928) S. 628.

Abb. 1
Gegenseitige Abhängigkeiten zwischen der Standzeit des Drehstahles und der Schnittgeschwindigkeit.

iche Schnittgeschwindigkeit, die z. B. der Ausschuß ür Maschinenarbeit in den AWF-Richtwerten festgelegt at[3]), bisher auf eine Standzeit von 60 min bezogen werden nußte. Eine höhere Standzeit als 60 min ist zwar nicht ür die normale Dreharbeit, wohl aber für die Arbeiten auf ler Vielstahlbank, auf Automaten, bei Arbeiten mit Formtählen usw. von wesentlicher Bedeutung. Bei der normalen)reharbeit reicht eine Standzeit von 60 min vollkommen ıus, da man den Drehstahl ohne großen Zeitverlust jedesnal auswechseln kann. Bei den genannten Sonderbearbeiungsverfahren, die immer mehr an Bedeutung gewinnen, st (z. B. bei Vielstahlbänken) das stündliche Neueinspannen ler vielen Drehstähle nicht nur sehr zeitraubend, sondern s führt auch zu Ungenauigkeiten. Für diese Arbeiten ist ine Standzeit von einer Schicht (8 Stunden) als Bezugsinheit für die wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit anusehen. Bisher bestand keine genügende Klarheit über lie Beziehung der wirtschaftlichen Schnittgeschwindigkeit ei 1 Stunde und bei 8 Stunden Standzeit[4]).

[3]) AWF-Richtwerte 100 bis 112 für Schnittgeschwindigkeit und Spanuerschnitt, 3. Aufl. Berlin 1927.
[4]) Vergl. Kronenberg, Grundzüge der Zerspanungslehre Berlin 1927, S. 25 letzter Absatz u. f.

Abb. 2
Einfluß der Kühlung auf die Abhängigkeiten zwischen Standzeit des Drehstahles und der Schnittgeschwindigkeit.

Ergebnis der Versuche

Das Ergebnis der Schlesingerschen Versuche ist in Abb. 1 im doppelt logarithmischen Koordinatensystem wiedergegeben. Wie man ohne weiteres aus dem steilen Anstieg der Linien sehen kann, ist die Abhängigkeit der Standzeit von der Schnittgeschwindigkeit außerordentlich groß, d. h. eine kleine Verringerung der Schnittgeschwindigkeit verursacht bereits eine erhebliche Steigerung der Standzeit. Bei dem Werkstoff VCN 35 (vergüteter Chromnickelstahl) verursacht z. B. eine Verringerung der Schnittgeschwindigkeit von 15 auf 12,5 m/min (rd. 17 vH) eine Steigerung der Standzeit von 19 auf 50 min (163 vH). Ähnlich starke gegenseitige Abhängigkeiten sind auch bei den andern Werkstoffen vorhanden. Für die Praxis ist folgender Schluß zu ziehen: Da die Standzeit mit fallender Schnittgeschwindigkeit stark ansteigt, braucht man die Schnittgeschwindigkeit nur wenig zu ermäßigen, wenn man eine lange Standzeit erzielen will. D. h. die genannten AWF-Richtwerte des Ausschusses für Maschinenarbeit für die Beziehung zwischen Schnittgeschwindigkeit und Spanquerschnitt, die auf 60 min Standzeit fußen, gelten mit nur kleinen Ermäßigungen sogar auch für lange Standzeiten. Ist, wie Abb. 1 zeigt, z. B. die wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit bei VCN 35 14,7 m/min bei 60 min Standzeit, so ergibt sich bei 450 min Standzeit (rd. Dauer einer Schicht) 10 m/min als wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit (beide Male bei gleichem Spanquerschnitt). Dieser Unterschied in der Schnittgeschwindigkeit wäre bei einer Drehbank mit den oft vorkommenden Stufensprüngen von 1,4 bis 1,5 bereits durch Einschalten der nächst niedrigen Drehzahl zu erreichen. Man kann also die AWF-Richtwerte leicht auch für lange Standzeiten anwenden, wenn man lediglich die nächst niedrige oder — bei fein gestuften Bänken — die übernächst niedrige Stufe verwendet! Dies mögen die Betriebe, die auf lange Standzeiten Wert legen müssen, ganz besonders beachten.

Einfluß der Kühlung

Die Versuche über den Einfluß der Kühlung ergaben ebenfalls eine starke gegenseitige Abhängigkeit zwischen Schnittgeschwindigkeit, Standzeit und Kühlung, Abb. 2. Man kann Abb. 2 entweder unter dem Gesichtspunkt: Zunahme der Standzeit durch die Kühlung bei gleicher Schnittgeschwindigkeit oder unter dem Gesichtspunkt: Zunahme der Schnittgeschwindigkeit durch die Kühlung bei gleichbleibender Standzeit betrachten. Bei VCN 35, einem Spanquerschnitt von 2 mm², und einer Schnittgeschwindigkeit von 20 m/min ergibt sich unter dem ersten Gesichtspunkt durch 40 l/min Kühlung eine Zunahme der Standzeit um 470 vH. Unter dem zweiten Gesichtspunkt bei 60 min Standzeit ergibt sich eine Zunahme der Schnittgeschwindigkeit um 40 vH. Für die Praxis ist folgender Schluß wichtig: Richtige Kühlung ermöglicht es, eine lange Standzeit zu erhalten ohne Ermäßigung der Schnittgeschwindigkeit, da die zur langen Standzeit ohne Kühlung notwendige Verringerung der Schnittgeschwindigkeit durch die Kühlung im großen ganzen wieder aufgehoben werden kann. Bei der Herausgabe der AWF-Richtwerte in der umgearbeiteten 3. Auflage (1927) mußten wir auf S. 3 noch schreiben: „. . . Über die mögliche Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit durch Kühlung liegen endgültige Versuche zur Zeit (August 1927) noch nicht vor. Jedoch hat sich in der Praxis bisher eine Erhöhung um 30 bis 40 vH bewährt . . .“ Nachdem nun die Schlesingerschen Versuche zum Abschluß gekommen sind, ist einwandfrei

Abb. 4. Dachträger der Wagenhalle in Treptow.

bewiesen, daß die genannte Erhöhung ohne Bedenken von jedem bei richtiger Kühlung angewandt werden kann. Es ergibt sich ferner, daß die AWF-Richtwerte (ohne Änderung der Schnittgeschwindigkeit) bei Kühlung auch für lange Standzeiten Geltung haben.

Die richtige Kühlwassermenge beträgt nach Schlesingers Versuchen 10 bis 20 l/min. Geringere Kühlwassermengen verursachen ungünstigere Werte, größere dagegen keine ins Gewicht fallenden Verbesserungen.

Es ergeben sich aus den Schlesingerschen Versuchen noch eine ganze Reihe andrer Schlußfolgerungen, insbesondere die Bestätigung der Geradlinigkeit der Beziehung zwischen Spanquerschnitt und Schnittgeschwindigkeit im doppellogarithmischen Koordinatensystem und für die Zerspanungsgesetze. Diese Ableitungen sind im genannten Aufsatz im „Maschinenbau" veröffentlicht worden.

Berlin [M 1676] Dr.-Ing. M. Kronenberg

Kraftfahrwesen

Der Betriebshof Treptow der Allgemeinen Berliner Omnibus-A.-G.

Beim Bau des neuen Betriebshofes[1]), dessen Grundriß Abb. 3 zeigt, wurden die Erfahrungen, die man mit dem Betriebshof Helmholtzstraße[2]) gemacht hat, weitgehend berücksichtigt. Die für diesen älteren Betriebshof gewählte völlig stützenlose Eisenkonstruktion für die eigentliche Halle hat sich im Betriebe gut bewährt. Nur die vier schweren Zwischenstützen zwischen Einstell- und Waschhalle mit den hierfür notwendigen Schutzinseln wurden häufig als störend empfunden, und die vier Binderfüße an der südlichen Wand der Wagenhalle beeinträchtigten ebenfalls den Verkehr.

Infolgedessen entschloß man sich bei der neuen Halle, die volle Breite von 70 m zu überdachen und wählte

[1]) Vergl. a. Quarg, „Verkehrstechnik" Nr. 18a vom 6. Mai 1928 S. 317.
[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 302.

Abb. 3
Betriebshof der Aboag in Treptow, Grundriß des Erdgeschosses.

a Warteplatz
b_1 Stelle zum Ausfegen der Autobusse
b_2 „ „ Aufweichen des außen anhaftenden Schmutzes
b_3 „ „ Reinigen mittels scharfer Wasserstrahlen
c Revisionsgruben
d nächtlicher Aufstellplatz
e Arbeitsgruben
f versenkter Gang (Werkstatt für einfache Arbeiten)
g Schmiede
h Schlosserei
i Werkzeuglager
k Lager (Hof)
l Räderlager
m Malerwerkstatt
n Tischlerei
o Glaslager
p Meisterraum
q Wagenbaulager
r Laderaum
s Hof-Bureau
t Tankbrücke
u Geräteraum
v Ein- und Ausfahrt
w Notausfahrten

Abb. 5
Innenansicht der Wagenhalle Treptow, Blick auf die Arbeitsgruben

ierzu Halbparabel-Fachwerkträger hne Zwischenstützen, Abb. 4, der s ermöglicht, das volle Profil der Halle auch im oberen Teile der Längswände freizuhalten. Die festen Stützen auf der Seite des Werkstattanbaues treten zum Teil durch die Wand in die Werkstatträume hindurch, während auf der andern Seite die besonders flach gehaltenen Pendelstützen vollständig innerhalb der Mauer untergebracht sind.

Die innere Einrichtung der Halle, Abb. 3 und 5, entspricht im wesentlichen der des Betriebshofes Helmholtzstraße. Die Tankanlage ist aber unmittelbar mit der Wagenhalle baulich verbunden. Ein hinter der Brücke angeordneter Vorhof von 13 m Tiefe soll etwaige auf der Brücke entstehende Brände von der Halle fernhalten. Die Pump- und Meßeinrichtungen zum Benzinfüllen wurden wegen der Feuergefahr und der ziemlich lästigen Pumpengeräusche nicht in dem großen Anbau, sondern in einem besondern Seitengebäude des Hofes untergebracht.

Die heimkehrenden Wagen fahren unmittelbar oder vom Warteplatz *a* aus, vergl. Abb. 3, auf die Waschgasse; sie werden an der Stelle b_1 ausgefegt und mit Staubsaugern gereinigt, sodann wird bei b_2 der außen noch anhaftende Schmutz durch einen warmen Sprühregen aus fahrbaren Gattern aufgeweicht, bei b_3 werden die Wagen durch scharfe Wasserstrahlen aus Schläuchen vollständig gereinigt. Sie kommen sodann zu dreien nebeneinander über drei Revisionsgruben *c*. Für die am oberen Stockwerk der Doppeldeckautobusse tätigen Arbeiter sind hier fest eingebaute eiserne Laufstege angebracht, Abb. 6. Ebenso wie in der Helmholtzstraße rücken die Wagen alle 3½ min nach den Hupenzeichen einer Signaluhr weiter.

Die Wagen fahren dann auf ihren nächtlichen Aufstellplatz *d* oder über die Arbeitsgruben *e*; diese sind mit Rücksicht auf die ungewöhnliche Länge der neuesten Autobusse, die zum Teil drei Achsen haben, schräg zur Wand gelegt. Ein versenkter Gang *f*, der zugleich als Werkstatt für einfache Arbeiten benutzt wird und an der Außenwand des Gebäudes liegt, verbindet die einzelnen Gruben miteinander.

Für die Ableitung der bei einem größeren Brande aus den Sprinkleranlagen strömenden Löschwassermengen hat man einen besondern Abfluß zur Spree, an deren linkem Ufer die Halle liegt, geschaffen. Das hierfür angelegte Rohrnetz dient für gewöhnlich der Entlüftung. In jedes der 6 Hauptsammelrohre ist ein Kreisellüfter von 1300 m³/h Leistung eingebaut.

Der Anbau enthält im Erdgeschoß die Hauptbetriebsräume, im ersten Stockwerk die Wagenbauwerkstatt sowie die Wasch- und Umkleideräume für das Hofpersonal und ein Lesezimmer für das Betriebspersonal, im zweiten und dritten Obergeschoß insgesamt 21 Wohnungen. Die Halle faßt 160 Wagen, die Baukosten betragen rd. 2 Mill. ℛℳ.

[M 1718] Seidel

Abb. 6
Die Revisionsgruben und Waschlaufstege.

Abb. 8
Schwungrad-Drehstromerzeuger mit angeflanschtem Polrad.

Elektrotechnik

Schwungrad-Drehstromerzeuger

Bei Drehstromerzeugern, die durch Kolbenmaschinen angetrieben werden, setzt man häufig die Pole unmittelbar auf den Kranz des Schwungrades, das für einen bestimmten Ungleichförmigkeitsgrad erforderlich ist[1]). Diese an sich einfache Bauart stellt oft einen gewissen Zwang bei der Bestimmung der elektrisch erforderlichen Abmessungen dar; außerdem ist der Platzbedarf in der Ebene senkrecht zur Achse groß. Da infolgedessen Schwierigkeiten entstehen können, baut das Sachsenwerk, Niedersedlitz, neuerdings Drehstromerzeuger, bei denen der Polradkranz an das Schwungrad angeflanscht wird, Abb. 7 und 8. Man ist hierbei in den Abmessungen des Schwungrades unabhängig von den Maßen, die die elektrischen Anforderungen bedingen, und kann infolgedessen Breite und Durchmesser des Schwungrades dem verfügbaren Raum leichter anpassen.

[M 1814] Pa.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1207 u. Bd. 72 (1928) S. 220.

Abb. 7
Schwungrad-Drehstromerzeuger für 250 kVA mit angeflanschtem Polrad.

Kleine Mitteilungen

Gegendruckturbine in einer Gummifabrik

Die Seamless Rubber Co., New Haven, bezog bis vor einigen Jahren ihre elektrische Kraft von außerhalb. Das 1920 errichtete Kesselhaus speiste ursprünglich nur die Fabrikation und die Hilfsmaschinen. Es enthielt vier Babcock & Wilcox-Kessel mit Unterwindfeuerungen von je 365 m² Heizfläche für Dampf von 14 at und 37,8 ° Überhitzung. Im Jahre 1926 wurde eine Gegendruckturbine aufgestellt, die den Frischdampf bis auf 6,33 at Gegendruck ausnutzt. Mit diesem Druck wird dann der Dampf der Fabrik und den Hilfsmaschinen zugeleitet.

Der von der Turbine angetriebene Stromerzeuger leistet 375 kVA bei $\cos \varphi = 0,8$. Zur Aufnahme der Lastspitzen und für die Lichtversorgung der Fabrik über Wochenende, wenn die Turbine stillsteht, dient eine von einem Synchronmotor angetriebene 75 kW-Dynamo. Die Gegendruckturbodynamo erzeugt mit rd. 9100 t Dampf monatlich 70 000 bis 85 000 kWh, während weitere 250 000 bis 300 000 kWh von außerhalb bezogen werden. („Power" 31. Juli 1928 S. 178*)
[N 1955 a] Le.

Schleifen von Keilnuten

Während man die Längskeile der im Kraftwagenbau üblichen Keilwellen schon lange zu schleifen pflegte, machte es bis jetzt Schwierigkeiten, die entsprechenden Nuten in den Innenflächen der Naben zu schleifen. Im Werk von A. Saurer, Arbon, Schweiz, hat man eine Vorrichtung hierfür entwickelt. Im Ende eines Dornes, der am Schlitten einer senkrechten Stoßmaschine befestigt werden kann, ist eine kleine Topfscheibe auf einer wagerechten Spindel befestigt, die neben der Topfscheibe ein kleines Schaufelrad trägt. Gegen dieses Rad wird aus einer Leitung mit 10 bis 22 at Druck ein Wasserstrahl gerichtet, der das Rad und damit auch die Schleifscheibe in schnelle Drehung versetzt und so viel Kraft darauf ausübt, daß ein leichter Schleifspan genommen werden kann. Natürlich schleift man nur die Flanken und den Grund der Keilnuten, während die Köpfe mittels der Reibahle bearbeitet werden. („The Automobile Engineer" August 1928 S. 278*)
[N 1955 b] H.

Straßenbau auf den Philippinen

Erweiterung und Neubau von Überlandstraßen auf den Philippinen ist zur Zeit eine wichtigste Aufgabe. Die Hauptinseln werden in der Nord-Süd-Richtung von einer Hauptstraße durchzogen, die teils fertiggestellt, teils im Bau ist und an zwei Stellen eine Fährenverbindung aufweist. Insgesamt sind rd. 6040 km Hauptstraßen vorhanden, dazu kommen Nebenstraßen und Saumpfade in je ungefähr gleicher Länge.

Die Bau- und Unterhaltungskosten werden neben Beiträgen der Provinzen und des Staates aus Kraftwagen- und Brennstoffsteuern bestritten. Insgesamt standen hierfür 1927 rd. 33,5 Mill. *RM* zur Verfügung. Infolge der bedeutenden Zunahme des Kraftwagenverkehrs erfordern die wassergebundenen Decken erheblich höhere Erhaltungskosten. Aus diesem Grund erhalten jetzt die Hauptstraßen Beton- oder Asphaltdecke. („Engineering News-Record" 2. August 1928 S. 156) [N 1955 g] Ls.

Gleiswagen zur Beförderung von Autobussen auf Schienen

Die Eisenbahn- und Kraftwagengesellschaft in Kent, Ohio, hat dem Verkehrsbedürfnis, mit ihren Autobussen rasch von der Landstraße auf den Schienenweg übergehen zu können, durch eine sinnreiche Verlade- und Beförderungseinrichtung Rechnung getragen; die Autobusse bewegen sich auch auf den Schienen mit eigener Kraft fort.

Die Vorrichtung besteht aus zwei zweiachsigen niedrigen Fahrgestellen, in deren Rahmen parallel zu den Achsen je zwei Wellen gelagert sind. An ihren über die Laufräder hinausragenden Enden tragen die Wellen Kettenräder, um die sich Ketten lose schlingen. Auf diese vier Raupenketten werden die vier Räder des Kraftwagens gesetzt, dessen angetriebene Achse die Kette durch Reibungskraft antreibt. Die Kettenwellen ihrerseits treiben über ein Schneckengetriebe die Laufachsen des Fahrgestells an. Mittels einer Verbindungsstange läßt sich die Entfernung der Fahrgestelle dem Achsstand entsprechend einstellen.

Die Autobusse werden in sehr einfacher Weise auf die Fahrgestelle gesetzt. Zu diesem Zweck werden auf die Naben der Radscheiben nach außen breite Flansche von 406 mm Dmr. aufgeschraubt. Der Spurweite der Flanschen entsprechend sind an der Verladestelle zu beiden Seiten des Gleises einem Brückengeländer ähnliche Laufstege angeordnet, die vorn und hinten geneigt, im mittleren Tei wagerecht sind. Fährt der Autobus in die Verladeanlag ein, so gleiten die erwähnten Flanschen auf den Lauf schienen der Geländer, wodurch der Wagen angehoben wird Beim Abgleiten auf dem hinteren abfallenden Teil de Laufschienen werden die Räder auf die untergestellten Fahr gestelle aufgesetzt. („Railway Age" 28. Juli 1928 S. 197*
[N 1955 c] Ro.

Schwere elektrische Lokomotiven in Indien

Die Great Indian Peninsula-Eisenbahn stellt gegen wärtig ihre Hauptstrecken von 1670 mm Spurweite vo Bombay nach Igatpuri und Poona auf elektrischen Betrie um. Da hier die Ghats durchfahren werden, so muß di Bahn beträchtliche Steigungen überwinden; so weist z. B Thull Ghat eine 13 km lange Steigung von 1 : 37 auf. Da gesamte, elektrisch betriebene Netz dieser Bahnen wir nach den Erweiterungen etwa 500 km lang sein. Die Span nung beträgt 1400 V. Die Streckenverhältnisse erforder schwerste Lokomotiven. Die im wesentlichen von der Ge neral Electric Co., Ltd., gebauten Lokomotiven haben di Achsfolge 2 C 2. Jede Treibachse wird von zwei Motore über Zahnräder, Hohlwelle und elastische Kupplung (be kannt als Yoke Drive) angetrieben, wobei die Treibachse von den die Zahnräder und an den Enden die Kupplungs scheiben tragenden Hohlwellen hülsenartig, aber mit gro ßem Spiel umschlossen werden. Dieser Antrieb soll sic bereits mehrfach gut bewährt haben.

Die Motoren leisten rd. 2250 PS bei 1400 V Fahrdraht spannung (Stundenleistung). Die Höchstgeschwindigkei dieser Lokomotiven beträgt 120 km/h, ihr Gewicht 108 t („The Railway Gazette" 3. August 1928 S. 140)
[N 1955 d] Gsl.

Fahrbarer Schrägförderer zum Stapeln von Säcken

Das Gerät hat einen kürzeren unbeweglichen und eine an diesen oben anschließenden längeren heb- und senk baren Ausleger. Der kürzere Ausleger ist um 45 ° gege die Wagerechte geneigt, während der längere zwische wagerechter und um 45 ° geneigter Stellung hin- und her pendeln kann. Über beide Ausleger läuft ein endlose Kettenwerk, bei dem die zu befördernden Säcke auf ein fachen Stahlstäben aufliegen.

In der tiefsten Stellung des größeren Auslegers be trägt die Gesamtförderlänge 11,9 m, die Förderhöhe rd. 2 m bei höchster Auslegerstellung ergeben sich entsprechen 9,5 m Länge und 8,7 m Höhe. Der große Ausleger ist fes mit dem ausziehbaren Oberteil einer Stütze aus Fachwerk konstruktion verbunden, die um eine wagerechte Achs schwenkbar am Fahrgestellrahmen befestigt ist. Diese Stütz wird über Seile von einem Elektromotor in Bewegun versetzt. Der Motor leistet rd. 5 PS und ruht etwa in de Mitte des Fahrgestells; er dient außerdem zum Antrieb de endlosen Kettenwerkes und zur Vorwärtsbewegung de Schrägförderers, von dessen vier Rädern zwei als Treib räder ausgebildet sind. Das Gerät arbeitet mit rd. 0,25 m/s Fördergeschwindigkeit und stapelt 600 Säcke in 1 h Es wird gebaut von der Firma Robert Boby, Ltd., Bury St. Edmunds. („Engineering" 10. August 1928 S. 182*)
[N 1955 e] Sd.

Luftreiniger für gewerbliche Zwecke

Beim Trocknen photographischer Papiere, Platten und Filme, von Farben und Emaille, im Nahrungsmittelgewerbe bei der Herstellung von Arzneimitteln u. a. ist staub freie Luft notwendig. Die Sturtevant Engineering Co. London, baut einen für derartige Zwecke bestimmten Luft reiniger.

Dieses Filter besteht aus gefalteten, mit einer nicht trocknenden, geruchlosen Flüssigkeit dünn überzogene Blechen, die in Rahmen so eingesetzt sind, daß die Luft gezwungen ist, über die Falten hinwegzustreichen. Di einzelnen Filterzellen haben eine Oberfläche vo 457 × 457 mm² und sind 100 mm tief. Bei Luftgeschwindig keiten von 9 bis 20 m/min war die gereinigte Luft vo allen Staubteilchen, die größer als 5 μ sind, vollständi frei. Während 1 min wurden an der Außenseite des Filter im Luftstrom 63 Bakterienkolonien gezählt, und auf der selben Fläche auf der Innenseite zeigten sich erst nach 7 min zwei Kolonien. Die gewöhnliche Leistung eine Zelle von 22,6 m³/min kann bei verhältnismäßig reine Luft noch um 12,5 vH gesteigert werden. Die Zellen müsse in Abständen von 8 bis 10 Wochen in einer starken Soda lösung gereinigt werden. („Engineering" 10. August 1928 S. 176) [N 1955 f] Schr.

BÜCHERSCHAU

Industrie-Öfen. Von W. Trinks. 1. Bd. Berlin 1928, VDI-Verlag. 343 S. m. 283 Abb. Preis 16 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 14,40 *RM*.

Der Verfasser hat durch die vorliegende Herausgabe seines amerikanischen Buches „Industrial Furnaces" in deutscher Übersetzung weiteren Kreisen der deutschen Technik einen Wissenstoff zugänglich gemacht, der wegen seiner Vielseitigkeit, Übersichtlichkeit und Sammlung sicher sehr geschätzt und oft benutzt werden wird. Er behandelt die Verwendungsgebiete verschiedenartigster Öfen, die alle den Zweck haben, Werkstücke für bestimmte Arbeitsverfahren auf eine vorgeschriebene Temperatur zu bringen, wobei die Beschickung der Öfen satzweise oder kontinuierlich, die Beheizung mit gasförmigen, flüssigen Brennstoffen oder durch den elektrischen Strom erfolgt.

Das Buch zeichnet sich dadurch aus, daß es die Grunderscheinungen, Merkmale und Vorgänge an Industrieöfen in geschickter Weise zusammenfaßt und in übersichtlicher, leicht verständlicher Anordnung und Darstellung alle wesentlichen Bau- und Rechnungskennzeichen hervorhebt und erläutert, ohne durch textliche Weitschweifigkeit und rechnerische Umständlichkeit die Übersicht zu stören. Es wird daher für den praktischen Gebrauch ein schätzenswerter Helfer und Berater sein. [E 1763] Diepschlag

6. Tagung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungsvereine am 9. September 1927 zu Düsseldorf. Berlin 1928, VDI-Verlag. 78 S. m. 109 Abb. Preis 16 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 14,40 *RM*.

Das vorliegende Buch enthält außer den geschäftlichen Mitteilungen die Vorträge von Dir. Ebel über die wirtschaftlichen Grenzen des Dampfdrucks für Mittel- und Kleinbetriebe, von Dir. Schulte über die Wirtschaftlichkeit der Kohlenstaubfeuerung für Dampfkessel, von Dr.-Ing. Christmann über Kesselbaustoffe und ihre Beeinflussung durch Weiterverarbeitung und Betrieb mit besonderer Berücksichtigung der Hochdruckkessel und von Obering. Gleichmann über Erfahrungen mit dem Benson-Dampferzeuger. Zwei kürzere Berichte behandeln die optische Prüfung von Hohlkörpern mit Hilfe eines neuen Meßgerätes und den Wasserumlauf des Winandkessels. [E 1820] Pt.

Berechnung der Dampfkessel, Feuerungen, Überhitzer und Vorwärmer und der Dampf- und Luftleitungen. Von G. Lányi. 5. Aufl. bearb. von Hch. Doevenspeck. Essen-Ruhr 1928, G. D. Baedeker. 270 S. m. Abb. Preis 7 *RM*.

Die vorliegende Auflage des bekannten Buches ist wesentlich ergänzt, verbessert und erweitert. Es entspricht aber noch nicht dem heutigen Stande der Technik, obgleich manche Abschnitte bei der Bearbeitung gewonnen haben. Man vermißt z. B. genauere Angaben über die Kohlenstaubfeuerung und die Luftvorwärmung. Gar nicht erwähnt werden die außerordentlich wichtigen Fragen der Speisewasserpflege. Unter den Kesselverlusten werden die Abkühlverluste durch Betriebsunterbrechungen und die zusätzlichen Verluste, die durch Belastungschwankungen entstehen, nicht erwähnt. Andres, was nur in mittelbarem Zusammenhang mit dem Dampfkesselbetrieb steht, ist zu breit behandelt, z. B. die Ferngasversorgung. [E 1819] Pt.

Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Herausgeg. von Friedrich Körber. 7. Bd. 1. bis 10. Lfg. 1925/26. 177 S. m. Abb. Preis 19 *RM*. 8. Bd. 1. bis 12. Lfg. 1926. 199 S. m. Abb. Preis 19 *RM*. 9. Bd. 1. bis 22. Lfg. 1927/28. 400 S. m. Abb. Preis 33 *RM*. Düsseldorf, Verlag Stahleisen m. b. H.

Die Bände 7 bis 9 der Mitteilungen des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung umfassen insgesamt 45 Einzelaufsätze; eine ungeheure Fülle von Arbeit ist hier auf einem Raum zusammengefügt. Es ist leider nicht möglich, im Rahmen dieser kurzen Besprechung die einzelnen Arbeiten der Würdigung zu unterziehen, die sie unbedingt wert sind. Ich muß mich darauf beschränken, die großen Arbeitsgebiete nachstehend aufzuführen, auf die sich die Arbeiten beziehen und einiges Wenige hervorzuheben mit dem ausdrücklichen Bemerken, daß mit demselben Recht fast jede andre Arbeit als Beispiel hätte herangezogen werden können.

Die Arbeiten erstrecken sich auf fast alle Gebiete des Eisenhüttenwesens; beginnend mit Aufbereitungs- und Erzfragen, befassen sich zwei weitere Aufsätze mit Hochofenproblemen. Mehrere bedeutsame Arbeiten behandeln wichtige analytische Fragen, insbesondere die Sauerstoffbestimmung im Eisen. Etwa acht Arbeiten befassen sich mit Fragen des Aufbaues des Stahles, wobei besonders Untersuchungen auf röntgenographischem Wege bedeutsam sind. Sehr bemerkenswert sind die Arbeiten über das System Eisen-Silizium und über das Gefüge kaltgewalzter Metalle.

Wenn diese vorgenannten Gebiete Domäne des Metallurgen sind, so sind die weiteren Arbeiten — und sie machen die Mehrzahl aus — auch für den gestaltenden und ausführenden Ingenieur von größter Bedeutung. Mit der Technologie und Verarbeitung des Stahles befassen sich sechs Beiträge, wobei als Beispiele nur genannt seien Untersuchungen über den Einfluß der Vorbehandlung auf die mechanischen Eigenschaften von Stahl, insbesondere die Kerbzähigkeit in der Kälte und Wärme, über den Einfluß des Siliziums auf die Festigkeitseigenschaften bei erhöhter Temperatur und über die Festigkeitseigenschaften und das Gefüge von nahtlosen Stahlrohren verschiedener Vorbehandlung.

Eine ganze Reihe von Arbeiten befaßt sich mit Problemen des Dampfkesselbaustoffs, so zwei bedeutsame Berichte über Versuche über die Anstrengung und die Formänderung gewölbter Kesselböden mit und ohne Mannloch bei der Beanspruchung durch inneren Druck, ferner eine Arbeit über den Zusammenhang zwischen Spannungsverteilung und Fließlinienbildung an Kesselböden. Auf gleichem Gebiet liegen die Arbeiten über Modellversuche an Kesselböden und über Rißbildung und Anfressungen an Dampfkesselteilen. Die Prüfung von Stahl und Eisen findet ebenfalls eine reiche Behandlung; Arbeiten über besondere Verfahren der Härteprüfung, das Problem der Kerbschlagprobe und vor allem Untersuchungen über die Dauerfestigkeit von Stahl bei höheren Temperaturen sind hier zu erwähnen. Auch die Arbeiten über Probleme aus dem Wärmegebiet sind für die Ingenieure andrer Berufsgruppen wohl ebenso bedeutsam wie für den Hüttenmann.

Besonders hervorzuheben sind endlich noch die drei Arbeiten, die sich mit dem Hochfrequenz-Ofen befassen und die beweisen, daß das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung mit Erfolg daran arbeitet, daß auf diesem Gebiet auch in Deutschland die Fortschritte gemacht werden, die für die Entwicklung dieses bemerkenswerten Verfahrens erforderlich sind. Die Arbeiten behandeln sowohl den neuen Ofen als solchen wie die Metallurgie der darin vorgenommenen Schmelzen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in den vorliegenden Bänden sein Arbeitsgebiet erstreckt auf wohl alle Zweige der Metallurgie des Eisens, wobei jede einzelne Abhandlung als ein Muster planvoller Forschung hingestellt werden darf, einer Forschung, die, rein wissenschaftlich betrieben, zu Ergebnissen führt, die für die Entwicklung auch der praktischen Technik grundlegende und wegweisende Bedeutung haben. [E 1793] E. H. Schulz

Die Gespinstfasern. Von E. Ristenpart. 3. Aufl. Berlin 1928, M. Krayn. 277 S. m. 140 Abb. Preis 20 *RM*.

Das Buch bietet vom Standpunkt des Veredelungsfachmannes viel Anregendes und Belehrendes. Leider ist darin zu bemängeln, daß die Abbildungen wenig schön ausgefallen sind, so daß die Aufmachung des Werkes darunter leidet. Zweckmäßigerweise könnte auch die Beschriftung der einzelnen Zeichnungen einheitlich nach den Vorschriften des Deutschen Normenausschusses durchgeführt werden. Im Gegensatz zu der etwas unschönen Ausstattung entschädigt der Text in seiner Kürze und in seiner genauen Ausdrucksweise reichlich. Besonders zu begrüßen ist, daß der Verfasser sehr viele praktische Angaben bringt, die auch dem Praktiker in vielen Fällen dienen werden. Der Hinweis auf die verschiedensten Patentschriften und auf die verschiedensten Verfahren ist sehr gut durchgeführt, so daß der Leser einen vollständigen Überblick gewinnt. [E 1772] Brüggemann

Holzchemie. Von Erik Hägglund. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft. 275 S. m. 33 Abb. Preis 20 *RM*.

Die Darstellung unserer gegenwärtigen Kenntnisse von den chemischen Eigenschaften des Holzes, als eines bedeutsamen Rohstoffes so vieler Industrien, gewinnt großen Wert, besonders wenn sie von einem Verfasser ausgeht, der durch eigene experimentelle Arbeit neue Einblicke zu schaffen vermochte. Allerdings muß gleich betont werden, daß sie nur dem ganz zugänglich werden, der reichlich chemische Vorkenntnisse mitbringt; denn sonst wird ihm das für manche Fragen noch widerspruchsvolle Hin und Her nicht nur der

Auffassungen, sondern auch der vermeintlichen experimentellen Ergebnisse der verschiedenen Forscher verwirrend erscheinen.

Nach einer recht eingehenden Darlegung der Struktur des Holzes folgt ein Kapitel über die physikalischen Eigenschaften der Hölzer, das man gern ausführlicher gewünscht hätte. Das umfangreichste, dritte Kapitel behandelt die Holzbestandteile und ihre chemischen Eigenschaften. Hier ist ungefähr alles noch im Werden. Die folgenden Abschnitte über chemisch-technische Verwertungen des Holzes eröffnen Ausblicke darauf, was von der wissenschaftlichen Arbeit praktische Anwendungen finden kann. Hägglund konnte hier weitgehend eigene Befunde zusammenfassen, z. B. für Sulfit-Zellstoff-Gewinnung und Natron-Zellstoff. Auch die im Aufbau begriffene und von Hägglund stark geförderte technische Verzuckerung des Holzes wird geschildert; nur tritt hier die Arbeit verschiedener Beteiligter nicht so klar wie sonst in dem Buche hervor.

Möge das bedeutsame Werk allen denen, die technisch mit Holz zu tun haben, die Wichtigkeit seiner chemischen Erfassung zeigen. [E 1792] Eduard Färber

Handbuch der anorganischen Chemie. Herausgeg. von R. Abegg, Fr. Auerbach und J. Koppel. 4. Bd., 3. Abt., 1. T. Leipzig 1928, S. Hirzel. 522 S. m. 50 Abb. Preis 48 *RM*.

Mit dem Band „Edelgase“ beginnt der letzte Teil des Abeggschen Handbuches. Der Inhalt des Bandes ist nicht nach den einzelnen Elementen, sondern nach allgemeinen Gesichtspunkten, wie Vorkommen, Darstellung, Anwendung, Kern-, Atom- und Molekulareigenschaften der Edelgase geordnet. Diese Anlage erweist sich als sehr vorteilhaft, da sich so die entsprechenden Eigenschaften der einzelnen Elemente weitgehend zusammenfassen lassen. Der Wert des Buches liegt vor allem in der kritischen Erörterung der experimentellen Tatsachen und in den theoretischen Betrachtungen. Besonders sei auf die ausgezeichnete Darstellung der Spektra vom Standpunkt der Quantentheorie hingewiesen. Außerdem stellt das Handbuch eine wertvolle Übersicht des auf diesem Gebiete vorhandenen Schrifttums dar. Wenn man auch kaum von einer Chemie der Edelgase sprechen kann, so wird dieser Band nicht nur dem Physiker, sondern auch dem Chemiker sehr willkommen sein, da diese Gase für die Kenntnis des periodischen Systems, der Erzeugung tiefer Temperaturen usw. von entscheidender Bedeutung gewesen sind. [E 1774] Streb

Georg Agricola. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. In neuer deutscher Uebersetzung herausgeg. von der Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum. Berlin 1928, VDI-Verlag. 563 S. m. Abb. Preis 45 *RM*, Ganzpergament 75 *RM*.

Der praktische Eisenhochbau. Von Alfred Gregor. 3. Bd. Berlin 1928, Hermann Meusser. 249 S. m. 341 Abb. Preis 40 *RM*.

Untersuchung von Spannungs- und Schwingungsmessern für Brücken. Bericht erst. von W. Hort und F. Hülsenkamp. Herausgeg. von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Berlin 1928, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 58 S. m. 75 Abb. Preis 6 *RM*.

Die wirtschaftliche und konstruktive Bedeutung erhöhter zulässiger Beanspruchungen für den Eisenbetonbau. Von H. Olsen. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 100 S. m. 23 Abb. und 26 Taf. Preis 9 *RM*.

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern. 57. Zusammenstellung der **Betriebs-Ergebnisse von Wasserwerken.** Bearb. vom Ausschuß f. d. Betrieb von Wasserwerken. Betriebsjahr 1925/26. Berlin 1927, Selbstverlag des Vereins. 95 S. 15 *RM*.

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern. 47. **Statistische Zusammenstellung der Betriebsergebnisse** für das Jahr 1925 bzw. 1925/26. Herausgeg. im Auftrage des Vereins. Berlin 1927, Selbstverlag. 116 S. Preis 10 *RM*.

100 Jahre Dresdner Gaswerke 1828—1928. Bearb. von d. Direktion der Städtischen Gaswerke. Hrsg. vom Rat zu Dresden, Betriebsamt. 111 S. m. Abb.
Erscheint nicht im Buchhandel.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von W. Wien und F. Harms unter Mitarbeit von H. Lenz. 23. Bd., 1. T.: **Phosphoreszenz und Fluoreszenz.** Von P. Lenard, Ferd. Schmidt und R. Tomaschek. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 741 S. m. 162 Abb. Preis 71 *RM*.

Vorlesungen über Algebra. Unter Benutzung der dritten Auflage des gleichnamigen Werkes von Gustav Bauer. 4. Aufl. Dargestellt von Ludwig Bieberbach. Leipzig-Berlin 1928, B. G. Teubner. 334 S. m. Abb. Preis 20 *RM*.

Die Entwicklung der Cottbuser Tuchindustrie. Von Fritz Schmidt. Cottbus 1928, Albert Heine. 255 S. m. Abb. Preis 5 *RM*.

Die Psychotechnische Versuchsstelle der Reichsbahndirektion Berlin. Von C. Heydt. Berlin 1928, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 16 S. Preis 0,50 *RM*.

Jahresbericht des Bad. Gewerbeaufsichtsamtes und des Bad. Bergamtes für das Jahr 1927. Erstattet an das Ministerium des Innern. Karlsruhe 1928, Macklotsche Druckerei A.-G. 248 S.

Illustrierte technische Wörterbücher. In 6 Sprachen. Deutsch, englisch, russisch, französisch, italienisch, spanisch. Herausgeg. von Alfred Schlomann. 2. Bd.: **Elektrotechnik und Elektrochemie.** Verbesserte und vervollständigte Aufl. Berlin 1928, Technische Wörterbücher-Verlag-G. m. b. H. 1304 S. m. 3965 Abb. Preis 80 *RM*.

Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Von W. Gelesnoff. Deutsch herausgeg. von E. Altschul. 2. Aufl. Leipzig u. Berlin 1928, B. G. Teubner. 561 S. Preis 20 *RM*.

Technische Nothilfe im Hause. Herausgeg. von M. Mengeringhausen. München 1928, G. Franz'sche Hofbuchdruckerei. 63 S. m. 72 Abb. Preis 1 *RM*.

Die neue Kraftfahrzeuggesetzgebung seit Juli 1927. Von Ludwig Lechner. München 1928, C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung. 97 S. Preis 2 *RM*.

Friedrich Soennecken. Sein Leben und sein Werk. Von Robert Hellbeck. Essen 1927, G. D. Baedeker. 68 S. m. Abb. Preis 4,50 *RM*.

John Stevens. An American Record. By Archibald Douglas Turnbull. New York 1928, The American Society of Mechanical Engineers. 545 S. m. Abb. Preis 5 $.

Der Bau von Anoden- und Heizstrom-Netzanschlußgeräten. Von Manfred von Ardenne. 3. Aufl. Berlin 1928, Rothgiesser & Diesing A.-G. 59 S. m. 65 Abb. Preis 1,90 *RM*.

Mitgliederverzeichnis des Vereines deutscher Ingenieure. Abgeschlossen am 1. April 1928. Berlin 1928, VDI-Verlag. 294 S. Preis 6 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Offizieller Bezugsquellen-Nachweis des Reichsverbandes der Deutschen Industrie. Bearb. v. A. Seibt. 3. Aufl. München 1928, Max Heitner. 852 S. Preis 18 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

d. 72 SONNABEND, 1. SEPTEMBER 1928 Nr. 35

Verkehrsschwankungen und Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes

Von Leibbrand, Reichsbahndirektor, Berlin

Vorgetragen in den Sitzungen des Vereines deutscher Ingenieure und des Hamburger Bezirksvereins über Fragen der Verkehrstechnik in Hamburg und Berlin

Der Beschäftigungsgrad der Eisenbahn ist abhängig von den Wirtschaftsschwankungen. — Große Konjunkturschwankungen sind im Eisenbahnbetrieb weniger fühlbar als Saisonschwankungen und stoßweise auftretende Sonderaufgaben. — Hohe Spitzenleistungen erfordern großen Personalbestand und umfangreichen Fahrzeugpark und Bauanlagen. — Die Folge sind hohe Selbstkosten und damit hohe Tarife. — Spitzenleistungen sind ein volkswirtschaftlicher Verlust, sie sind daher durch geschickte Zusammenarbeit zwischen der Eisenbahn und ihren Benutzern im Personen- wie im Güterverkehr möglichst klein zu halten. — Beispiele derartiger Maßnahmen.

Bei jedem Unternehmen ist gleichmäßige Beschäftigung eine der wichtigsten Voraussetzungen für wirtschaftliches Arbeiten. Alle Bemühungen zu ...er wirtschaftlichen Betriebsführung bleiben auf halbem ...ge stecken, wenn starke Schwankungen in der Be...äftigung die Wirkung der getroffenen Maßnahmen be...trächtigen. Das gilt auch für die Reichsbahn. Es ...g vielleicht zunächst so scheinen, als ob sie sich um die ...wankungen in ihrem Auftragsbestand weniger zu küm...rn brauchte, weil bei der Größe des Unternehmens ein ...tgehender innerer Ausgleich eintritt, und weil die Ver...rsbedienung in unserm Wirtschaftsleben eine so un...eisbare und ständige Notwendigkeit geworden ist, daß ...e tiefe Senkung unter den gewöhnlichen Stand, von ...astrophen, wie Krieg, Revolution und Ruhrbesetzung, ...esehen, gar nicht denkbar ist.

Eisenbahn und Konjunktur

Tatsächlich treten die großen, sich über Jahre hin...enden Bewegungen im Wirtschaftsleben, die man mit ...junkturschwankungen bezeichnet, im Eisenbahnbetrieb ... sehr verflacht und zögernd auf. Erst Monate oder ...ar ein Jahr, nachdem sonstige Zeichen des Konjunktur...chwungs, z. B. im Effektenkurs der Börsen, sichtbar ...orden sind, folgt die Zu- oder Abnahme des Verkehrs. ... ist erklärlich: die Ausführung von Aufträgen und ...Abbeförderung der Erzeugnisse sind sehr späte Glieder ...ner Kette der wirtschaftlichen Vorgänge, die zur Ab...icklung eines Geschäfts gehören. Ferner werden Berg ...n Tal wirtschaftlicher Wellen auf der Eisenbahn stark ...geglichen durch die Güter, die ganz oder zum großen ...e unabhängig von der Konjunktur anfallen und be...ört werden müssen. Das sind vor allem die land- und ...twirtschaftlichen Erzeugnisse, die zusammen 27 vH der ...örderungsmenge liefern, und ein großer Teil der Kohle, ...o allem die Hausbrandkohlen, die Kohlen für Gas-, ...trizitäts- und Wasserwerke und die Lokomotivkohlen.

Auch der Personenverkehr folgt Gesetzen, die wenig ...i dem Verlauf der Konjunktur zusammenhängen. ...c allem aber wird das Bild verzerrt durch die allgemein ...ende Richtung der Verkehrsentwicklung. Vor dem ...ge trat ungefähr alle 17 Jahre eine Verdoppelung der ...den Kopf der Bevölkerung entfallenden Transportmen...e ein, und auch heute noch muß mit viel stärkerem ...hsen des Verkehrs als der Bevölkerung gerechnet ...den. Abb. 1 zeigt die Entwicklung des Verkehrs seit ...89. Die Verkehrszunahme ist, auch wenn man von den ...eren Störungen durch den Krieg und seine Folgen ...eht, nicht streng gesetzmäßig. Der technische Fort...itt wirkt nicht nur durch Steigerung des Bedarfs ver...ehrsvermehrend, sondern durch fortschreitende Rationali...ierung auch verkehrsparend; es sei an elektrische Kraft...bertragung, bessere Ausnutzung der Kohle und Fern-

Abb. 1
Verkehrsentwicklung bei den deutschen Eisenbahnen 1890 bis 1927.

a beförderte Güter *b* Personenverkehr in Milliarden Personenkilometern *c* beförderte Gütermengen in t je Einwohner

gasversorgung erinnert. So entstehen Schwankungen, die mit der Konjunktur nichts zu tun haben und ihrem Gang sogar entgegengesetzt sein können.

Trotz der verhältnismäßig geringen Empfindlichkeit der Eisenbahn gegen die über lange Zeitspannen sich hinziehenden Schwankungen der Konjunktur bleiben deren Wirkungen auf die Geldlage des Unternehmens doch noch immer sehr bedeutend. Ihnen zu begegnen, ist Sache einer klugen Finanz- und Beschaffungspolitik. Dabei kann es sich im wesentlichen nur um Abwehrmaßnahmen gegen die schädlichen Folgen der Konjunkturschwankungen handeln. Die Konjunktur selbst fühlbar zu beeinflussen, ist auch einem Riesenunternehmen wie der Reichsbahn nur in höchst bescheidenem Maße möglich.

Eisenbahn und Saisonschwankungen

Anders als bei der unberechenbaren und unbeeinflußbaren Entwicklung der Konjunktur liegen die Dinge für die Eisenbahn bei den Belastungsschwankungen, denen der Betrieb mit einer gewissen Regelmäßigkeit im Verlaufe des Jahres von Monat zu Monat, ferner innerhalb jeder Woche von Tag zu Tag und schließlich an jedem Tag von Stunde zu Stunde ausgesetzt ist. Sie sind zum Teil sehr scharf ausgeprägt und im Gegensatz

Abb. 2
Die Saisonschwankungen im Personen- und Güterverkehr.

S_p Saisonindexziffer des Personenverkehrs
S_g „ „ Güterverkehrs
Jahresbetrag geteilt durch 12 = 100

Abb. 4
Leistungen und Einnahmen im Reichsbahn-Personenverkehr 1925 bis 1927.

a Personenzugkilometer
b beförderte Personen
c Personenkilometer
d Einnahmen
e Personenwagen-Achskilometer
f Entwicklungsverhältnis der Einnahmen je beförderte Person (mittlere Einnahme 1926/27 = 1,0)

zur Konjunktur nach Dauer und Umfang meist mit ziemlicher Sicherheit im voraus auf Grund von Erfahrungswerten abzuschätzen. Der gesetzmäßige Verlauf läßt sich erkennen, wenn aus den tatsächlich festgestellten Verkehrszahlen die Größen ausgeschaltet werden, die vom allgemeinen Verkehrszuwachs, den als solchen erkannten Konjunktureinflüssen oder sonstigen, unregelmäßigen Ursachen herrühren. Das ist im allgemeinen für die Vergangenheit ziemlich leicht durchführbar.

In Abb. 2[1]) ist der Verlauf der

Saisonschwankungen

im Personen- und im Güterverkehr aus den finanziellen Ergebnissen der einzelnen Monate entwickelt. Es sind die Jahre 1900 bis 1913 zugrundegelegt, die sich dazu besser eignen als die unruhige Kriegs- und Nachkriegszeit. Die Richtigkeit der Kurve hat sich im abgelaufenen Jahr gezeigt. Die Unterschiede zwischen Höchst- und Tiefstand sind nach der Darstellung sowohl im Personen- wie im Güterverkehr überraschend groß. Sie werden b greiflich, wenn man sich die Verschiedenartigkeit der Ve kehrsansprüche in den einzelnen Monaten vergegenwärtig Im Personenverkehr folgt den verkehrsschwachen Monate des Jahresanfangs der durch den immer mehr anwachsen den Ferien- und Ausflugsverkehr schwer belastete Somme und Herbst. Die Weihnachts-, Oster- und Pfingsttage brin gen besondere Spitzen. Saisonarbeiterströme, besonde für die Feldbestellung und zur Erntezeit, wirken mit. D Schwankungen zeigen sich nicht nur in der Zahl der Re senden, sondern auch in der mittleren Reiseentfernung, der Reiserichtung und in starken örtlichen Verlagerung des Zu- und Abstroms der Reisenden.

Im Güterverkehr ist das Frachtaufkommen in weite Maße abhängig vom Gang der landwirtschaftlichen E zeugung. Die Heranschaffung der Düngemittel und Säm reien zur Zeit der Felderbestellung, die Getreide- u Kartoffelernte und die Zuckerrübenkampagne bring große Leistungssteigerungen. Weiter spielt eine bedeuten Rolle der im Herbst scharf anziehende Brennstoffversan insbesondere der von Hausbrandkohle.

[1]) Statistisches Heft „Von der Reichsbahn" Dezember 1927 S. 75.

Abb. 3
Leistungen und Einnahmen im Reichsbahn-Güterverkehr 1925 bis 1927.

a Einnahmen
b Bruttotonnenkilometer
c Güterzugkilometer
d beförderte Tonnen in Mill.
e Güterwagen-Achskilometer
f Entwicklungsverhältnis der Einnahmen je t (mittl. Einnahme 1925/27 = 1,0)

Die in Abb. 2 als Maßst für die Saisonschwankung gezeigte Schaulinie der m natlichen Einnahmen wird e gänzt durch die Leistung kurven, Abb. 3, die die er sprechenden Änderungen der Betriebsbelastung wide spiegeln. Einnahmen und Le stungen bewegen sich nic in genau gleichem Verhältni Das ist wegen der Verschi bungen in der Art der Reis und Güter, also der Unte schiede in der Beanspruchu der verschiedenen Tarife, au gar nicht möglich. Aber i großen ist das gleiche Gese bei den Leistungen wie b den Einnahmen erkennba Zu beachten ist, daß bei d Leistungskurven der Einfl der großen Konjunktu schwankungen nicht, wie b Abb. 2, ausgeschaltet wur Es sind also die tatsäc lichen statistischen Erge nisse wiedergegeben. Berge und Täler der L

Abb. 5
Personenverkehr.

a Zugkilometer } Betriebsleistung
b Achs „ } Betriebsleistung
c Personenkilometer, Verkehrsleistung

Abb. 6
Güterverkehr.

a Zugkilometer } Betriebsleistung
b Achs „ } Betriebsleistung
c tkm Verkehrsleistung

Abb. 5 und 6
Anpassung der Betriebsleistungen an den Verkehr im Jahre 1926. Indexziffern der Monatsleistungen, Jahressumme = 1200.

...ngen, vor allem der Zug- und Achskilometer, sind nicht ...groß, wie die der Einnahmen. Das liegt nicht nur an ... Wirkung der Tarife; es kommt auch die mit Änderung ... Beanspruchung wechselnde Ausnutzung des Betriebs...arates in Betracht. In den Personenzügen wird mit zu...mendem Verkehr das Verhältnis zwischen Besetzung ... Platzangebot größer, Abb. 4; die Züge werden außer...m länger. Im Güterverkehr schwankt die durchschnitt...e Achslast sowohl im Stückgut- wie im Wagenladungs...ehr mit der je nach der Jahreszeit wechselnden Zu...mensetzung der Frachten; ebenso ändern sich Zug...icht und Zuglänge. Abb. 5 und 6[2]) geben eine Gegen...rstellung der Personen- und Tonnenkilometer einerseits, ... Achs- und Zugkilometer anderseits.

Aus dem Gesamtbild der Reichsbahnleistungen lassen ... die Wirkungen der Saisonschwankungen nicht ausrei...nd beurteilen, weil bei der Zusammenfassung der Er...nisse des ganzen Netzes ein sehr weitgehender Ausgleich ...tritt. Erst wenn man Teilgebiete untersucht, ergeben ... die scharfen Belastungswechsel, mit denen der Betrieb ...einzelnen zu rechnen hat. Die Zergliederung der Wagen...ung nach Bedarfzweigen und Wagengattungen ist in ...er Beziehung sehr lehrreich, Abb. 7 bis 9.

Die Wochen- und Tagesschwankungen ...der Betriebsbeanspruchung haben ganz anders geartete ...achen als die Saisonschwankungen. Die Verladung der ...er findet im allgemeinen nur während 12 von den ...tunden der Werktage statt und ruht an den Sonntagen, ...fast alleiniger Ausnahme der Koksverladung, ganz. Der ...nbahnbetrieb jedoch kann nicht dementsprechend ein... für 12 Stunden an jedem Werktag stillgelegt werden, ...n auch an Sonntagen ist völlige Ruhe im Güterzugfahr...ia unmöglich. Die Ausnutzung auch der Nachtzeit für ...Beförderung ist mit dem Wesen der Eisenbahn untrenn...ar verbunden. Es ist also im Zustrom der Güter an ...dn Werktag eine Lücke von etwa 12 Stunden und über ...ntag eine solche von 36 Stunden vorhanden, denen kein ...hlanger Betriebstillstand gegenübersteht. Auf diese ...gehen, völlig regelmäßigen Lücken im Zustrom der Güter ...er Betrieb jedoch ganz eingespielt. Die Unterbrechun...können deshalb als störende Schwankungen nicht an...rochen werden. Nicht so einfach liegen die Dinge bei ...r Sonntagspause. Man erwartet meist von der Eisen...n, daß sie das im Laufe der Woche aufgegebene Ver...ngut auch an Sonntagen weiterbefördert. Der Sonntag ...l für die Beförderungsdauer nicht verloren sein. Bis ...89 wurde diesem Wunsche auch allgemein entsprochen. Mit wachsender Betriebsbeanspruchung erkannte man ...ch immer mehr die Unhaltbarkeit des Verfahrens. Der

[2]) Statistisches Heft „Von der Reichsbahn" Dezember 1927 S. 53.

Abb. 7 bis 9
Güterwagenstellung 1927.

a Wagen für Düngemittel (monatlich)
b „ „ Getreide und Mehl (monatlich)
c „ „ Kartoffeln
d Wagen für Zuckerrüben und Schnitzel (wöchentlich)

Betrieb war Sonntags zwar vollbelastet, am Montag und bis zum Mittwoch hin aber fehlte vielfach die Auslastung. Alle Nachteile ungleichmäßiger Belastung machten sich fühlbar, auch der schlechterer Verkehrsbedienung an den Werktagen, ganz abgesehen davon, daß das betreffende Personal keine Sonntage hatte. Die Nachteile des vollen Sonntagsbetriebes sind viel größer als seine zum Teil nur vermeintlichen Vorteile für Verkehrsbedienung und Wagenumlauf. Heute ist der Güterzugverkehr an Sonntagen bis auf den wirklich nötigen geringen Umfang gedrosselt. Die durch die Sonntagspause eintretende Betriebsschwankung ist damit ausgeschaltet. Abb. 10[3]) zeigt den Abfall der Betriebsleistungen durch die Anpassung an den Frachtenanfall für die Weihnachts- und Neujahrstage 1925/1926.

Im Personenverkehr spielt der Sonntag meist eine entgegengesetzte Rolle; vielfach steigt der

Ausflugsverkehr

an Sonntagen zu bedrohlicher Höhe, Abb. 11 und 12[4]) und Abb. 13 und 14.

Die Wochenschwankungen sind nicht auf den unmittelbaren Einfluß der Sonntagspause beschränkt. Die Werktage sind auch unter sich nicht gleichwertig. Abb. 15 und 16[5]) zeigen die Schwankungen im Stückgutanfall von Montag bis Samstag nach Ermittlungen von Dr.-Ing. Rem Ein gefährliches Ausmaß nehmen vielfach die kurz Schwankungen von Stunde zu Stunde an, die im Beruf verkehr sich täglich wiederholen. Jeder Großstadtb wohner kennt sie aus eigener Erfahrung, Abb. 17 und 18[6] Die Leistungsfähigkeit auch in den übrigen Tagesstund nicht ausgelasteter Strecken wird dabei oft weit überschr ten; besonders ernst für den Eisenbahnbetrieb wird die Au gabe, wenn solche Stöße des Berufsverkehrs auf Schnellzu bündel des Fernverkehrs treffen. Auf der Strecke Halle Weißenfels stellt die Schichtwelle der Leunawerke für d Fernverkehr eine immer größer werdende Störung dar.

Auch im Güterverkehr sind heftige Stundenschwanku gen nicht unbekannt. Abb. 19 zeigt die Zusammenhän zwischen Leerwagenzufuhr und Kohlenverladung an d Ruhr. Dem gleichmäßigen Zufluß der Wagen steht auf die einzelnen Schichten sehr ungleichmäßig vertei Verladung gegenüber. Das ist einer der Gründe, war

[3]) „Die Reichsbahn" (1926) Heft 14 S. 187.
[4]) „Verkehrstechnische Woche" Bd. 20 (1926) S. 185.
[5]) Blum, Verkehr und Betrieb der Eisenbahnen (Handbibliothek für Bauingenieure, Verlag Springer) S. 282/3.
[6]) Blum, Verkehr und Betrieb der Eisenbahnen, Berlin 1925, S. [illegible]

Abb. 10
Güterzugverkehr vom 24. Dezember 1925 bis 4. Januar 1926.
Zugkm in vH des Normalverkehrs.

a Hauptbahnen, Durchgangs-Güterzüge *b* Haupt- und Nebenbahnen *c* Hauptbahnen, Eilgüterzüge

Abb. 11 und 12
Vergleich zwischen dem Verkehr von Berlin Stadtbahnhof Jannowitzbrücke und London Distriktbahnhof Lloane Square.

Abb. 13
Streckenbelastung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen.
Zählung, Freitag, den 8. April 1927.

Abb. 15
Tägliche Schwankung des Stückgutverkehrs.

die rechtzeitige Versorgung der Zechen mit den nötigen Leerwagen geradezu betriebliche Kunstfertigkeit verlangt und gegen Störungen so empfindlich ist.

Unregelmäßig auftretende Schwankungen

Zu den regelmäßigen Schwankungen treten die vorauszusehenden unregelmäßigen, die durch Messen, Ausstellungen, Feste, Manöver, Ankunft von Schiffen, große Bauausführungen usw. eintreten und die oft eine sehr beträchtliche Höhe erreichen. Die Leipziger Frühjahrsmesse 1928 z. B. erforderte 640 Sonderzüge. Schwere Erschütterungen des Betriebes können überraschend auftretende Verkehrswellen infolge von Streiks, Versagen der Schiffahrt, Störungen im Eisenbahnbetrieb selbst usw. zur Folge haben.

Abb. 16
Stündliche Schwankungen des Stückgutverkehrs.

Abb. 14
Streckenbelastung der Berli[ner] Stadt-, Ring- u. Vorortbahn[en] Zählung am 2. Pfingstfeierta[g] 24. Mai 1926.

Hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Eisenbahn

Die Reichsbahn hat nicht nur mit jeder einzelnen der erörterten Verkehrsschwankungen zu rechnen, sie muß auch auf den gleichzeitigen Eintritt mehrerer gefaßt sein, sie hat sich also gewissermaßen gegen Springfluten des Verkehrs zu wappnen. Sie ist nicht in der glücklichen Lage aller anderen Verkehrsmittel, daß sie, an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt, einfach kein Gut mehr annimmt; denn sie hat bekanntlich die gesetzliche Beförderungspflicht und trägt außerdem gegenüber der Wirtschaft eine außerordentlich große Verantwortung. Die Öffentlichkeit erträgt leichter die wochenlange Lahmlegung der Binnenschiffahrt infolge Einfrierens des ganzen deutschen Kanalnetzes, als das Versagen einiger Eisenbahn-

Abb. 17 und 18
Stündliche Schwankungen des Personenverkehrs nach und aus der Großstadt.

Abb. 19
Kohlenwagenbedarf im Ruhrgebiet nach Schichten am 14. Oktober 1927.

a Gleichmäßige Verteilung des Gesamtbedarfs auf 24 h
b Gesamtaufkommen an Leerwagen einschl. der anrechnungsfähigen beladenen Wagen

recken nach unseren großen Industriezentren an wenigen
agen.

Verkehrssperren, zu denen auch die Reichsahn da und dort gezwungen ist, werden stets als letzter usweg und nur für ganz kurze Zeit erträglich angesehen, iemals aber wird eine dauernd oder auch nur wiederholt on Zeit zu Zeit in Erscheinung tretende Leistungsgrenze nerkannt. Die Öffentlichkeit ist gewohnt, bei der Eisenahn hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Pünktlichkeit nen Maßstab anzulegen, der sonst unbekannt ist. Man ndet die erstaunliche Leistung, daß die D-Züge regelläßig einen Weg von Hunderten von Kilometern auf die inute pünktlich zurücklegen, einfach selbstverständlich, ährend man bei einer kurzen Autofahrt zum Bahnhof ch meist vorsichtig einen erheblichen Spielraum an eit läßt.

Zu der ständigen Bereitschaft der Eisenbahn fast für de beliebige Leistung findet sich kaum eine Parallele bei gendeinem anderen Unternehmen; eine Hinausschiebung er Erledigung eingehender Aufträge gibt es bei der Eisenahn nicht. Ihre volle Dauerbereitschaft ist anderseits eine nbedingte volkswirtschaftliche Notwendigkeit. Weder die egenwärtige Höhe der Produktion noch die Versorgung er Verbraucher wären in unserer verwickelten Wirtschaft ufrecht zu erhalten, wenn die Eisenbahn nicht fast immer dem beliebigen Verkehrsauftrag ungesäumt nachkommen önnte. Man denke an die Abfuhr der Kohle von den echen, die Beförderung der Ernte, die Versorgung unserer roßstädte mit Milch und anderen Lebensmitteln, die Aufechterhaltung des Betriebes unserer chemischen Riesenternehmen, die Beschickung der Hochöfen usw. Das Vort „Wagenmangel" löst geradezu Beklemmung beim Befrachter aus. Bei „Kahnraummangel" bleibt er im llgemeinen viel kühler; er kann auf Hilfe durch die Eisenbahn rechnen.

Der volkswirtschaftliche Nachteil der Verkehrsschwankungen

Es folgt, daß die Eisenbahn ihre Anlagen auf Höchstlstungen einrichten muß. So sind viele Personenbahnhöfe mit Riesenabmessungen, aber geringem mittlerem Verkehr entstanden, die großen Bahnsteiganlagen mancher Vorortbahnhöfe, die Rennbahnhöfe, die Anlagen für den Schnitterverkehr, die weiten Abstellbahnhöfe usw. Ausgedehnte Güterbahnhöfe sind für die Spitzenleistungen im Kohlen-, Rüben- oder Kartoffelversand ausgebaut, Hafenbahnhöfe, wie in Ruhrort-Duisburg für Umschlagmengen, die weit über den tatsächlichen mittleren Verkehrsbedürfnissen liegen, Abb. 20. Für 200 000 Güterwagen müssen in den verkehrsarmen Monaten 2000 km Abstellgleise vorhanden sein. Sonntags sind sogar 600 000 Güterwagen mit 6000 km Gesamtlänge unterzubringen. Ebenso sind die Güterschuppen und die Lokomotivbehandlungsanlagen auf den Höchstbedarf zugeschnitten. Es ist sehr schwer, sich eine ungefähre Vorstellung davon zu machen, welches Baukapital erspart worden wäre, wenn es keine Saisonschwankungen gäbe; sicher aber geht der Betrag in die Hunderte von Millionen.

Das gleiche Bild zeigt sich beim Fahrzeugpark. Wohl können zur Not Güterwagen für den Personenverkehr mit herangezogen werden, nicht aber umgekehrt. Etwa 100 000 Güterwagen, d. s. rd. 16 vH der im Betriebe rollenden Zahl, sind infolge der Saisonschwankungen mehr erforderlich, als wenn die Betriebsbelastung gleichmäßig wäre. Abb. 21 zeigt das für 1926. Die 100 000 Güterwagen kosten etwa 600 Millionen Mark. Rechnet man, daß durch Gleichmäßigkeit des Verkehrs außerdem 10 vH der Lokomotiven, d. s. 2300 Stück, erübrigt würden, so erhält man weitere 250 Millionen Mark Kapital, die nur aus Anlaß der Saisonschwankungen aufzuwenden waren. Zählt man dazu die aus gleicher Ursache entstandenen Mehrkosten für Personenwagen und Werkstattanlagen, so kommt man allein für die Mehraufwendungen beim Fahrzeugpark auf eine Zahl, die roh geschätzt, wohl 1 Milliarde Mark übersteigt und deren Verzinsung und Abschreibung jährlich weit über 100 Millionen Mark verschlingt.

Zum Kapitaldienst tritt die Erhöhung der laufenden Ausgaben infolge der Unstetigkeit in der Betriebsbeanspruchung. Der Verbrauch an Betriebsstoffen wird zwar nicht wesentlich beeinflußt, desto mehr aber der Personalaufwand. Die Spitzenleistungen des Betriebes kann man im Mittel des ganzen Reichsbahngebietes mit rd. 10 vH über dem Jahresdurchschnitt liegend annehmen. Auf einzelnen Teilgebieten oder bestimmten Strecken ist der Unterschied sehr viel größer. Gelänge es, ganz regelmäßige Diensteinteilungen für gleichbleibende oder sich gleichmäßig steigernde Leistungen aufzustellen, so könnte man sicher beim Fahrpersonal mindestens 5 vH sparen. Gebraucht werden zur Zeit etwa 68 000 Köpfe für die Lokomotivbemannung und 52 000 Zugbegleiter. Eine Herabsetzung um 5 vH würde einschließlich der damit wegfallenden Verwaltungs- und Pensionslasten reichlich 30 Millionen Mark jährliche Ersparnis bedeuten. Bei einer Reihe andrer Dienstzweige würden ebenfalls beträchtliche Mengen an Bediensteten erübrigt.

Die genannten Zahlen sind nur Schätzungen, die sicher nicht zu hoch gegriffen sind. Sie zeigen schon, daß sehr nennenswerte Beträge der Reinüberschüsse der Reichsbahn den Verkehrsschwankungen geopfert werden müssen, oder,

Abb. 20
Kohlenumschlag in den Ruhrhäfen
Januar bis Februar 1928.
Arbeitstägliche Kipperleistung in t.

Abb. 21
Ausnutzung des Güterwagenparks 1926.
Annahme: Höchstmögliche Ausnutzung des Wagenparks im November 1926.

a für den Betrieb verfügbarer Gesamtbestand an Güterwagen
b Gesamtbedarf an Güterwagen
c für den Betrieb vorhandener O-Wagenbestand
d O-Wagenbedarf
e O-Wagenreserve in vH des O-Wagenbestandes
f Gesamtwagenreserve in vH des Gesamtwagenbestandes
(O-Wagen — offene Wagen)

anders ausgedrückt, daß die Gesamtheit der Reisenden und Verfrachter jährlich hohe Summen für die Verkehrsschwankungen aufbringen muß. Denn jede Mehr- oder Minderbelastung der Reichsbahn ist bekanntlich auch eine Mehr- oder Mindereinnahme ihrer Kunden. Das Unternehmen behält ja nichts für sich, sondern führt jeden Gewinn der Allgemeinheit in Form von Verkehrsverbesserungen, Industrieaufträgen, Übernahme der Daweslast oder Tarifermäßigung zu.

Maßnahmen zur Behebung der Schwankungen

Die Beseitigung oder Einschränkung der Schwankungen ist also nicht Sache der Reichsbahn allein; sie ist vielmehr von allgemeiner, volkswirtschaftlicher Bedeutung, und jeder Verfrachter, der durch seine Maßnahmen zu ihrer Lösung mithilft, handelt gleichzeitig zu seinem eigenen Vorteil.

Die Schwankungen sind in vieler Beziehung einer regelnden Einwirkung durchaus nicht unerreichbar. Der Saisonpersonenverkehr ist in großem Umfang von den Schul-, Hochschul- und Gerichtsferien abhängig. Es ist eine große Erleichterung für die Reichsbahn, daß die Ferien in den verschiedenen Gauen unseres Vaterlandes zeitlich gestaffelt sind. Noch feinere Verteilung ist erwünscht und auch wohl möglich. Auch die Festlegung der beweglichen Feste wäre sehr willkommen. Ein weites Arbeitsfeld bietet die Regelung des Berufsverkehrs. Verständnisvolles Abstimmen des Schichtwechsels großer Fabriken unter sich und mit der Eisenbahn hat hier schon sehr viel erreicht; und zwar nicht nur für die Werke und die Eisenbahn, sondern auch für die Belegschaft.

Im Güterverkehr gibt es zwei Hauptmittel zur Herbeiführung gleichmäßigeren Versandes, eine geschickte

Preis- und Tarifpolitik,

die zum Bezug in verkehrsschwacher Zeit anreizt, und die Schaffung von Lagern, Bunkern, Speichern und Silos. Neuzeitlich angelegte Zechen sind auf diesem Gebiet schon bahnbrechend vorgegangen.

Die Kohlenbunker machen die Förderung unabhängiger von der Wagenstellung und gleichen deren Schwankungen infolge der verschiedenwertigen Schichten aus. Ein nicht zu vergessender, gleichzeitig erreichter Vorteil ist die schnelle Beladung der Eisenbahnwagen. Das Arbeiten mit Speichern und Bunkern gestattet auch die Bildung großer Transporteinheiten, am besten geschlossener Züge vom Erzeuger bis zum Verbraucher. Das ist wirtschaftlich von großer Bedeutung.

Die Beförderung von Lager zu Lager in großen Mengen unter Verwendung hochleistungsfähiger Be- und Entladeeinrichtungen schafft auch die Vorbedingung dafür, in verkehrsstiller Zeit Massengüter vom Gewinnungsort nach großen

Verteilstellen

im Verbrauchsgebiet vorzuschieben. Bei der Untersuchung dieser Möglichkeit muß man sich aber den entstehenden Wagenumlauf genau klar machen, um keine Mißerfolge zu erleben. Denn im gewöhnlichen Beförderungsgeschäft ohne ausgezeichnete Umschlageinrichtungen bringt die Verkürzung der Laufweiten in der verkehrsstarken Zeit durch vorheriges Verschieben von der Produktionsstätte nach einem Verteilungslager meist keinen tatsächlichen Gewinn an Wagen. Das rührt davon her, daß der größte Teil der Umlaufzeit der Güterwagen bei der üblichen Verwendungsart auf Be- und Entladen und die zugehörigen Wartezeiten entfällt.

Abb. 22 zeigt die Gliederung der mittleren Umlaufzeiten, bezogen auf das ganze Reichsbahngebiet. Von den zwischen zwei Beladungen eines Wagens liegenden 96 Stunden, Last- und Leerlauf entsprechend dem Verhältnis ihrer Anteile zusammengefaßt, kommen nur 38,8 vH auf Wege und Aufenthalte auf den Verschiebebahnhöfen; auf die eigentliche Fahrt sogar nur 12,2 vH. 61,2 vH seiner Umlaufzeit hält sich der Wagen auf dem Versand- und Zielbahnhof auf. Senkt man nun die Laufweite in der verkehrsstarken Zeit durch vorheriges Vorschieben in Verteilermagazine auf die Hälfte, so fällt die Umlaufzeit zwischen Verteilungsstelle und Verbraucher nicht etwa um 50 vH, sondern nur um 19 vH unter die

Abb. 22
Der Vollumlauf eines Wagens (Lastlauf und Leerlauf).

Gesamtumlaufzeit = 105,01 h = 4,38 Tage
Im Nutzlauf durchfahrene Strecke = 147,5 km
„ Leerlauf „ „ = 84,69 „
Im Vollauf durchfahrene Strecke je Tag des Umlaufs/s = 53 km
„ „ „ „ „ Stunde „ „ = 2,21 „

Dauer des unmittelbaren Umlaufs vom Erzeuger zum Verbraucher. Bei Verkürzung der Laufweite auf ein Drittel ist die Ersparnis an Umlaufzeit nicht 67 vH, sondern nur 26 vH. Der Aufwand des Vorschiebens lohnt also bei solchem Verfahren meist nicht. Setzt man aber durch geeignete Maßnahmen die Aufenthaltzeiten beim Be- und Entladen scharf herunter, so wird die Rechnung sehr viel günstiger.

Vor allem muß das Vorschieben bis zum Verteilungspunkt so vorteilhaft wie möglich für Verfrachter und Eisenbahn erfolgen. Das Vorschieben z. B. in den selbstentladenden und deshalb sehr schnell umlaufenden Großgüterwagen ist außerordentlich wirksam und gewinnbringend.

Das Überwiegen der Aufenthaltzeiten über die Laufzeit der Eisenbahnwagen infolge langsamen Umschlags und großer Reisegeschwindigkeit spielt eine sehr wichtige Rolle bei den Schwankungen im Eisenbahnbetrieb durch zeitweises Versagen der Schiffahrt oder vorübergehendes starkes Abwandern der Frachten aufs Wasser. Nach den Wagenumlaufermittlungen verbrauchen zwei getrennte Transporte über je 50 km, also zusammen 100 km, rd. 47 vH mehr Wagen als ein gleich starker Transport über 300 km. Das heißt also, es werden 47 vH mehr Wagen benötigt, wenn eine bestimmte Kohlenmenge zunächst 50 km Eisenbahnweg, dann 200 km Wasserstraße und schließlich wieder 50 km Eisenbahnweg benutzt, als wenn die 300 km ohne Wechsel ganz auf den Schienen zurückgelegt werden. Deshalb bildet die Schiffahrt in vielen Verkehrsbeziehungen keine Entlastung des Eisenbahnwagenparks, und das zeitweise Aussetzen der Schiffahrt erzeugt an sich keinen Wagenmangel. Wohl aber treten bei jeder Schwankung des Schiffahrtbetriebes Wagenumlaufverzögerungen, also Wagenmehrbedarf, ein infolge der Betriebstörungen, die die teuren und schwierigen Umschaltungen der Bahnhöfe und Strecken auf die wechselnden Aufgaben meist mit sich bringen.

Man erkennt, wie schwierig die Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen Eisenbahn und Wasserstraßen auf Grund von Wagenstellungs- und Umschlagzahlen ist und wie unwillkommen dem Eisenbahnbetrieb die Entlastung des Schienenweges durch die Schiffahrt oft sein muß. Regelmäßigkeit in der Belastung ist viel wichtiger als Entlastung.

Die Verkehrsschwankungen und ihre schädlichen Folgen werden nie ganz beseitigt werden können. Aber durch zielbewußte Zusammenarbeit aller Beteiligten wird doch für die Allgemeinheit auch auf diesem Gebiet noch sehr viel zu erreichen sein. [B 1600]

Beanspruchung von Schutzanstrichen an Fahrzeugen

Von Oberbaurat König, Magdeburg

Vorgetragen in der Fachsitzung „Anstrichtechnik" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen am 10. Juni 1928

Probetafeln und ihre Überwachung im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Magdeburg-Salbke. — Gleiche Ergebnisse im Betriebe und auf dem Wetterprüfstand. — Der Wetterprüfstand kürzt die Beobachtungszeit um rd. 6 Monate. — Die Schutzanstriche der Eisenbahnfahrzeuge haben die höchsten Beanspruchungen auszuhalten. — Erfahrungen mit Nitro-Anstrichen, Holzöl-Anstrichen und Leinöl-Anstrichen. — Rostschutzanstriche an Güterwagen. — Vergleich der Beanspruchung der Anstriche an einem Kokswagen und an einem Kalkwagen. — Versuchsanstriche an einem Kokswagen.

Die Untersuchungen über Schutzanstriche, über deren Bewährung oder Nichtbewährung Erfahrungen gesammelt werden konnten, liegen verhältnismäßig eit zurück. Sie beruhen auf der Beobachtung der Anriche an Eisenbahnfahrzeugen im Betriebe und derselben nstriche auf Probetafeln auf dem Wetterprüfstand, da ne Abkürzung der Prüfverfahren z. Z. noch nicht mögch ist. Die Farbindustrie ist inzwischen meist in der ige gewesen, selbst Fehler zu erkennen und Verbesseingen einzuleiten, so daß die heutigen Farben andre genschaften zeigen können, als die, über die Erfahngen vorliegen. Eine große Zahl von Versuchen hat an angestellt, aus denen man abschließende Ergebnisse wonnen hat; es liegt im Interesse der beteiligten Wirthaft, Beobachtungen und Erfahrungen grundsätzlicher rt bekanntzugeben, damit die Wege für den Fortschritt funden und beschritten werden können. Es kann nicht i Frage kommen, die Anstrichfarben der einzelnen Liefermen gegeneinander abzuwägen, sondern die Allgemeinlit hat nur Vorteil, wenn der Farbaufbau als Grundlage dr Kritik verwendet wird.

Meines Erachtens findet durch die Bekanntgabe der Zsammensetzung der Farben keine Schädigung derjenign Firmen statt, deren Anstrichmittel die besten Ergebnse erreicht haben, denn es kann sich nur um den Aufbu der Farben in großen Zügen handeln. Die Erfahngen der einzelnen Fabriken in der Auswahl der Rohsffe, in ihrer Verarbeitung und in der genauen Zusammnsetzung der Farben für einen bestimmten Zweck bibt das Ureigentum der einzelnen Firmen. Auch die cmische Wissenschaft, die es sich zur Aufgabe gemacht h, die noch schwebenden Fragen zu lösen, kann Nutzen as der Bekanntgabe der Beobachtungen ziehen. Die Bekntgabe der Beobachtungen soll für die Farbindustrie e Ansporn sein, entweder auf dem eingeschlagenen Wege witer zu arbeiten oder die Fehler des Verfahrens abzusllen oder aber den Verwendungskreis für ein bestimmtes Ezeugnis zu beschränken. Ein Fortschritt wird dann auf jen Fall erreicht.

Die Reichseisenbahn hat schon immer ihre Erfahrunga auf dem Gebiete des Anstrichschutzes bekanntgegeben ul hat sie ihren Lieferbedingungen zugrunde gelegt. In dı heutigen Zeit, wo immer ein neuer Vorschlag den aern verdrängt, und wo jeder glaubt, dem erstrebenswrten Ziele am nächsten gekommen zu sein, genügt diese Flungnahme nicht mehr. Es ist notwendig, Klarheit zu scaffen, welche Fortschritte erreicht sind und durch wche Mittel, und welche Mängel vorhanden sind. Ein gßer Teil der Erfahrungen der Reichseisenbahn auf da Gebiete des Anstrichschutzes stützt sich auf die Beobtungen, die im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Magdeg-Salbke gemacht sind. Ehe ich auf die Beobachtungen seer eingehe, halte ich es für notwendig, auf die Art ur Weise einzugehen, wie man sie erreicht hat.

Im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Magdeburg-Salbke wde die größte Anzahl neuerer Anstrichvorschläge für Frzeuge, die das Reichsbahn-Zentralamt erproben wollte, prktisch ausgeführt und planmäßig auf ihre Haltbarkeit beachtet. Man hat jedesmal einen oder mehrere Personenwen mit der neuen Anstrichfolge bearbeitet und dann de Betriebe übergeben. Die Angebote der Industrie häften sich zeitweise so stark, daß man aus Mangel an de dazu erforderlichen Anzahl von Personenwagen nur diHälfte oder sogar nur je ein Viertel eines Personenwens für die neuen Probeanstriche zur Verfügung steen konnte. Wenn auch die Ausführung dieser Teilanstriche größere Arbeit und mehr Aufmerksamkeit verlangte, so war dadurch doch ein guter Vergleich der einzelnen Anstriche möglich, da sie alle den gleichen Beanspruchungen im Betriebe ausgesetzt waren.

Man hat alle neuen Anstriche meist unter Hinzuziehung der liefernden Firmen ausgeführt. Nach bestimmten Zeitabschnitten wurden die Anstriche besichtigt und die Ergebnisse verwertet. Den Firmen ist häufig Gelegenheit gegeben worden, sich selbst von dem Zustand ihres Anstriches zu überzeugen. Von jedem neuen Anstrich wurden von fachkundiger Hand nach den gegebenen Vorschriften Probetafeln in der Größe 100 × 200 oder auch 400 × 400 mm gestrichen, nachdem man sie vorher sorgfältig mittels Sandstrahles entrostet hatte. Die Probetafeln hatte man auf einem auf dem Dache aufgestellten Holzgerüst mit einer Neigung von rd. 60° befestigt.

Von jeder Anstrichprobe wurde je eine Platte auf beiden Seiten aufgehängt. Die Südwestseite des Gerüstes hat sich gegenüber der Nordostseite als die schärfere Beanspruchung ergeben. Die reine Luft auf dem Dach scheint die Farben schärfer zu beanspruchen als die mit Rauch geschwängerte Luft an den Gleisen der Eisenbahn. So waren z. B. einige auf dem Potsdamer Bahnhof, Berlin, ausgehängte Tafeln bald mit einer Rußschicht überzogen, die den Anstrich schützte. Die Frühjahrssonne und der Wechsel zwischen Frost und Sonne scheinen dem Farbenanstrich am verhängnisvollsten zu sein. Das Übereinstimmen der Erfahrungen an den fertigen Wagen im Betriebe mit den Beobachtungen an den Probeblechen gibt die Bestätigung der richtigen fachmännischen Ausführung. Der Vorteil des Wetterprüfstandes liegt aber in einer erheblichen Abkürzung der Probe. In den meisten Fällen beginnen bereits nach drei bis sechs Monaten die ersten Zeichen des Verfalls der Farben oder des ganzen Anstrichs auf dem Prüfstand, was jedoch in den meisten Fällen nur dem geübten Auge des Fachmannes unter Zuhilfenahme von Lupen erkennbar ist. Die gleichen Erscheinungen an den Fahrzeugen im Betriebe treten gewöhnlich erst mehrere Monate später ein.

Die Beanspruchung der Schutzanstriche der Eisenbahnfahrzeuge ist weit größer als die aller andern Fahrzeuge. Die Personenwagen durchlaufen lange Strecken und bei der großen Zahl der Personenwagen — zur Zeit 63 000 Wagen — ist in den Zugpausen nur sehr selten Gelegenheit vorhanden, den Anstrich zu reinigen und noch weniger, den Anstrich regelrecht zu pflegen. In den Betriebspausen findet daher keine Unterbrechung der Beanspruchung der Anstriche statt. Die zur Aushilfe bereitstehenden Wagen sind sogar im Sonnenbrand höherer Beanspruchung des Schutzanstriches ausgesetzt. Eine vollständige Erneuerung des Anstriches ist wegen der hohen Kosten erst nach Jahren möglich, bei Personenwagen im Durchschnitt nach sechs bis acht Jahren, weil man dann auch gewöhnlich das Holzgerippe unter der Blechbekleidung nachprüft, wenn die Anstriche verwittert und die Bleche angerostet sind. Jährlich muß man dann immer noch rd. 10 000 Personenwagen vollständig neu lackieren, was einer Tagesleistung von 27 bis 35 Wagen entspricht. Die Güter- und Gepäckwagen können bei einem Bestande von rd. 700 000 Wagen auch erst nach sechs Jahren vollständig überholt werden; das macht jährlich 100 000 aus und täglich rd. 400 Wagen. Die folgenden Beobachtungen und die daraus gezogenen Schlüsse beziehen sich in erster Linie auf die Verhältnisse der Eisenbahn. Möglich ist, daß sich Schutz-

Abb. 1
Kaltwalzblech ohne Spachtel. Nach 11 Monaten leichte Rißbildung mit Unterrostung; nach 21 Monaten vollständig verrostet.

Abb. 2
Kaltwalzblech ohne Spachtel. Nach 11 Monaten leichte Rißbildung mit Unterrostung; nach 15 Monaten verwittert, starke Rißbildung und leichte Rostbildung in den Rissen.

Abb. 3
Schwarzblech mit Spachtel. Nach 10 Monaten leichte Rißbildung mit Abblätterung; nach 15 Monaten verwittert und sehr starke Abblätterungen bis auf die Grundfarbe.

Abb. 4
Kaltwalzblech ohne Spachtel. Nach 10 Monaten leichte Rißbildung; nach 13 Monaten vollständig gerissen und der Überzug verwittert, er zeigt das kennzeichnende weißschimmlige Aussehen. Vergrößerung 20fach.

Abb. 1 bis 4. Probetafeln mit Nitro-Lackierungen

anstriche an andern Fahrzeugen, wie Straßenbahnen oder Kraftwagen, die regelmäßig in den Betriebspausen gepflegt werden, bewähren, die bei den Eisenbahnfahrzeugen nicht wirtschaftlich sind.

Die Farbenindustrie hat in den letzten Jahren zwei Anstrichmittel für Fahrzeuge herausgebracht, die Zellulose- und die Holzölanstriche, die von den Ingenieuren mit großer Begeisterung aufgenommen worden sind, weil man den Anstrich der Fahrzeuge in den Arbeitstakt der übrigen Arbeiten am Fahrzeug eingliedern kann. Bei beiden Anstrichstoffen fallen die für die Werkstatt so unbequemen toten Zeiten für das Trocknen der einzelnen Farbaufstriche weg; man konnte die Zeit für die Volllackierung eines Personenwagens von 20 auf 5 bis 7 Tage abkürzen.

Zellulose-Anstriche

Das mit so großen Hoffnungen aufgenommene Lackierverfahren mit Nitrozellulose hat sich jedoch bisher im allgemeinen für Eisenbahnfahrzeuge nicht bewährt.

Abb. 1 bis 4 zeigen mehr oder weniger stark verwitterte Nitrozellulose-Anstriche mit sehr starken Abblätterungen, starken Rissen und starken Rostbildungen; die Proben lagen 10 bis 15 Monate auf dem Wetterprüfstand. Die gespachtelten Anstriche sind weniger vom Rost angegriffen, wie die auf kaltgewalzten Blechen ausgeführten Nitrozellulose-Anstriche. Nicht bewährt haben sich besonders Grundierungen der Bleche mit Nitrozellulose, die Verwendung von Nitrospachtel und die Verwendung eines Nitrozellulose-Überzuglackes sowohl bei Nitro- als auch bei Ölgrundierungen.

Die Nitrozellulose-Grundierung schützt nicht gegen spätere Rostbildung. Der Nitro-Spachtel geht keine genügende Bindung mit den übrigen Anstrichen ein; er erfordert mehr Arbeit beim Auftragen und wesentlich höhere Schleifarbeit als der Öl-Spachtel. Die bishe wendeten Nitro-Klarlack-Überzüge sind sehr leicl wittert; außerdem wird der Lack nach einiger Zeit weißfleckig. Bei vorhandenem Ölfarben- oder Ölsp grund muß vor Weiterarbeit mit Nitrozellulos Isolierfarben-Anstrich aufgetragen werden, da leicht Zerstörungen in der Anstrichfläche auftreten ein Versuch mit einem amerikanischen Zellulos fahren hat keine besseren Ergebnisse gezeitigt a deutschen, nur erwies sich der Farbenfilm als wertiger. Die Hauptverwaltung der Deutschen I bahn-Gesellschaft hat verfügt, von Versuchen im mit Nitroanstrichen im allgemeinen abzusehen b Ausführungen in einigen Direktionen; hier hand sich wohl um Verbindungen mit Öl und Lack.

Die beste Haltbarkeit bei Nitro-Zelluloseanst an Personenwagen hat man nach unseren Beobach bisher erreicht, wenn man auf einen mageren Bleiweißf anstrich eine regelrechte Spachtelung mit Öl- oder spachtel und hierauf wieder einen mageren Bleiweißf Anstrich auftrug. Man deckte den guten Unte durch Spritzen mit Isolierfarbe ab, worauf man d eine Nitro-Zellulose-Emaille-Schicht aufspritzte. bedingung ist, daß die Emaille gut vermischt is sämiger die Emaille sich anfühlte, desto besser w Haltbarkeit, je magerer sie sich anfühlte, um so w wetterbeständig war sie. Eine gute Nachpolitur un einwandfreie Reinigung ließ sich weit besser auf der ren erreichen. Von großer Bedeutung war auch der körper; je feiner er vermahlen war, und je wetter diger er selbst schon war, um so wertvoller erw sich auch für die Emaille. Bei kaltgewalzten B waren die beiden ersten Arbeitsgänge wegge Solche Anstriche haben sich teilweise über drei gehalten und sind heute noch gut in Farbe und auf Probeplatten.

Bei Verwendung von Nitro-Zellulose auf Edelhölzern ist die Benutzung von Ölporenfüller statt Nitro-Porenfüller zu empfehlen, da der Nitro-Porenfüller sehr leicht aus den Holzporen heraustritt. An sämtlichen zur Verwendung kommenden Hölzern haben bisher die angewandten Nitro-Anstrichverfahren im Wetter versagt. Ebenso haben sie dort versagt, wo Schwitzwasser auftritt.

Die Nitro-Lackierung für Fahrzeuge ist so jung, daß es kein Wunder ist, daß die Farbenindustrie die verschiedensten Wege bei ihrem Aufbau eingeschlagen hat. Da die Frage der Haltbarkeit von der Zeit abhängig ist, ist es verständlich, daß den hohen Beanspruchungen der Eisenbahnfahrzeuge die meisten Versuche nicht gewachsen waren, so daß hierfür von den bisher erprobten Lackierverfahren nur ein geringer Teil für die Weiterentwicklung in Frage kommen kann.

Holzölanstriche

Die Holzölanstriche haben bisher noch nicht den Grad der Lebensdauer erreicht, den die Eisenbahnfahrzeuge notwendig brauchen. Der Holzölanstrich zeichnet sich vor dem Leinölanstrich durch längere Dauer eines höheren Glanzes aus. Er trocknet nicht ganz so schnell wie der Zelluloseanstrich, er hält jedoch länger als die meisten Zelluloseanstriche. Die Lebensdauer ist aber bisher noch beschränkt auf etwa 1½ bis 2 Jahre; nach dieser Zeit vergeht der Anstrich gewöhnlich sehr schnell und neigt zu Rißbildungen und starken Verwitterungen.

Abb. 5
Anstrich mit dünnflüssigen Holzöllacken. Nach 15 Monaten leichte Windrisse; nach 45 Monaten starke Windrisse, Spachtelabhebung.

Abb. 6
Spargrund. Nach 14 Monaten verwittert, leichte Rißbildung; nach 25 Monaten vollständig verwittert. Vergr.: 20fach.

Abb. 7
Spachtelarmes Regelverfahren. Nach 9 Monaten verwittert, leichte Rißbildung; nach 25 Monaten vollständig verwittert, starke Rißbildung. Vergr.: 20fach.

Abb. 8
Regelverfahren. Nach 10 Monaten verwittert, leichte Rißbildung; nach 21 Monaten stark verwittert und stark gerissen. Vergr.: 20fach.

Abb. 9
Abgeändertes Regelverfahren. Nach 8 Monaten verwittert, leichte Rißbildung; nach 21 Monaten verwittert, starke Rißbildung. Vergr.: 20fach.

Abb. 10
Regelverfahren mit Albertol und Holzöl. Nach 10 Monaten verwittert und leichte Rißbildung; nach 25 Monaten etwas verblichen, sehr starke Rißbildung. Vergr.: 20fach.

Abb. 5 bis 10
Schwarzbleche mit Spachtelung und Holzöl-Lackierung.

Abb. 11
Abgeändertes Regelverfahren. Nach 15 Monaten leicht verwittert und Rißbildung; nach 25 Monaten verwittert und stark ausgeblichen; kennzeichnende Farbveränderung. Vergr.: 20fach.

Abb. 12
Regelverfahren. Nach 12 Monaten leicht verwittert und Rißbildung; nach 21 Monaten etwas verwittert, starke Holzöllackbläschenbildung. Vergr.: 20fach.

Abb. 13
Abweichendes Verfahren. Nach 10 Monaten verwittert und Rißbildung; nach 21 Monaten verwittert und gesprungen. Vergr.: 20fach.

Abb. 14
Verfahren mit dünnflüssigem Holzöl. Nach 10 Monaten verwittert und Rißbildung; nach 21 Monaten verwittert und stark gerissen. Vergr.: 20fach.

Abb. 15
Abweichendes Verfahren (Südwestseite des Wetterprüfstandes). Nach 10 Monaten verwittert und Rißbildung; nach 21 Monaten vollständig verwittert, gesprungen und verrostet. Vergr.: 20fach.

Abb. 16
Dieselbe Lackierung auf der Nordostseite des Wetterprüfstandes. Nach 10 Monaten verwittert und Rißbildung; nach 21 Monaten etwas verwittert und gerissen, bläschenartige Zerstörungen.

Abb. 11 bis 16
Kaltwalzblech ohne Spachtel mit Holzöl-Lackierung.

Abb. 5 bis 16 zeigen die Ergebnisse von Holzölanstrichen auf Personenwagenblechen, und zwar zuerst auf Spachtelgrund und sodann auf kaltgewalzten Blechen ohne Verwendung von Spachtel. Die Bleche wurden nach dem Regel-Lackierverfahren bearbeitet[1]). Bei einigen Anstrichen wurden Abweichungen in der Arbeitsfolge vorgenommen nach den Vorschlägen der Lieferanten, so z. B. durch Einschaltung von Schleiflackfarbe an Stelle von Schleiflack. An einzelnen Proben kann man das Fehlen von Bleiweiß in dem fertig angelieferten Spachtel feststellen.

[1]) 1. Grundanstrich mit Bleiweißfarbe; 2. gründliches Durchspachteln (Spritz-, Zieh- und Streichspachtel); 3. Spachtel-Schleifen; 4. Bleiweißanstrich; 5 Nachspachteln, Nachschleifen und Nachgrundieren; 6. Abschleifen mit Sandpapier; 7. erster Farbanstrich, halbfett; 8. Abschleifen mit Sandpapier; 9. zweiter Farbanstrich, halbfett; 10. Abschleifen mit Sandpapier; 11. erster Schleiflack; 12. Abschleifen mit Wasser und gemahlenem Bimsstein; 13. zweiter Schleiflack; 14. Abschleifen wie 12; 15. Überzuglack; 16. Abwaschen mit klarem Wasser.

Wie wenig wetterbeständig die damaligen Holzöl lacke waren, zeigen sämtliche Proben, die jetzt seit 2 oder 21 Monaten auf der Südostwetterseite hänger Sie sind stark verwittert, ausgeblichen, zum Teil fei gerissen bis auf den Spachtelgrund. Die auf kal gewalzten Eisenblechen hergestellten Anstriche habe sich ebenso schlecht gehalten. Bei diesen Blechen ist di Spachtelung und der darauf folgende Bleiweißanstric unterblieben. Die geringe Wetterbeständigkeit der Hol öllacke zeigte sich auch hierbei durch Verwitterı Ausbleichen der Anstriche, Riß- und Sprungbildung ur durch teilweise leichte und stärkere Verrostung. Die Rosterscheinung tritt dann besonders ein, wenn durc Fortfall einzelner Anstrichschichten der Lack verwitte ist, bisweilen auch dann, wenn nicht mit reinem Bleiwe oder Bleimennige grundiert ist.

Im Gegensatz zu den bisherigen Holzölanstrichen h sich ein Holzölanstrich nach spachtelarmem Lackierve

Abb. 17
Angriff durch Rost an dem Untergestell eines eisernen offenen Güterwagens nach 25jährigem Betrieb. Starke Zerstörungen infolge Koksladungen (Bodenrahmenwinkel vollständig durchgerostet).

Abb. 18
Güterwagen nach 33jährigem Betrieb. Keine Zerstörungen infolge Kalkladungen. (Die gleiche Stelle gut erhalten.)

fahren auf der Probeplatte noch gut erhalten. Dies wurde dadurch erreicht, daß die Platte nach 17monatiger Wetterprüfung leicht abgeschliffen und mit demselben Holzölüberzuglack frisch überzogen wurde. Die Platte ist jetzt nach weiteren 16 Monaten noch gut erhalten. Dagegen sind die zur gleichen Zeit mit dem gleichen Lacke ausgeführten Wagenanstriche, die nicht überholt werden konnten, stellenweise stark gerissen und verwittert[1a]).

Nach unseren Beobachtungen kann der Holzölanstrich für Außenanstriche der Eisenbahnfahrzeuge in der bisher erprobten Zusammensetzung nicht empfohlen werden. Die Lacke trocknen zu schnell, wodurch die Lebensdauer im Wetter ungünstig beeinflußt wird. Bisher haben sich von den zahlreichen Versuchsanstrichen an Wagen nur wenige Anstriche nach dem Regel-Klarlack-Verfahren in Holzölmischung seit 15 Monaten am Wagen sowie auf der Platte noch sehr gut in Glanz und Fläche erhalten. Da aber viele Holzölanstriche erst nach länger als 15 Monaten Lebensdauer verwittern, muß noch abgewartet werden, wie lange die Lebenszeit dieser Anstriche sein wird. Die Holzölanstriche erhalten sich eine bestimmte Zeit lang sehr gut in Glanz und Fläche, verwittern dann ganz plötzlich und zeigen Rißbildung und teilweise blättrige Abhebungen. Dieser Zeitpunkt tritt in der Regel im Wetterprüfstand nach 7 bis 17 Monaten und am Fahrzeug rd. 6 Monate später auf.

Leinölanstriche

Nach unseren Erfahrungen und Beobachtungen haben sich die Leinölstandölfarben und die Leinölkopallacke bisher immer noch als die elastischsten und in der Fläche am besten haltbaren Anstriche bei Eisenbahnfahrzeugen erwiesen. Die Flächen sind zwar von Anfang an nicht so vollglänzend wie die Holzöllacke und lassen auch früher im Glanze nach als jene. Dieses Nachlassen wurde aber früher nach Überholung nach ein- bis zweijähriger Betriebszeit (teils noch öfter) ausgeglichen, und die Lebensdauer des Anstriches wurde dadurch viel weiter ausgedehnt. Im allgemeinen haben sich früher die Anstriche 8 bis 10 Jahre gut gehalten. Bei rechtzeitiger Überholung war es keine Seltenheit, wenn ein Anstrich bis zu 20 Jahren und darüber vorhielt, ehe ein Neuanstrich notwendig war. Voraussetzung war aber die Verwendung eines gut abgelagerten Leinöles sowie eines ebenfalls gut abgelagerten und einwandfreien Kopallackes als Überzug. Nach unseren Beobachtungen trägt der z. Z. verwendete Farbstoff teilweise mit zur Verkürzung der Lebensdauer der Anstriche der Personenwagen bei.

[1a]) Inzwischen ist nach weiteren $1^1/_2$ Monaten die Probeplatte auf dem Wetterprüfstand ausgemagert, so daß der Anstrich unansehnlich geworden ist.

Abb. 19
Angriff von Blechtafeln mit fünf Probeanstrichen an Stelle des Holzfußbodens in einem mit Koks beladenen Versuchs-Güterwagen, Versuchsdauer 16 Monate. Blechtafeln zum Ablaufen des Wassers durchlöchert. Man kann bereits erhebliche Unterschiede in der Beanspruchung der Schutzanstriche erkennen.

Die Trockenzeiten der Leinölanstriche können durch Trockenkammern so weit herabgemindert werden, daß ein Personenwagen schneller fertig wird als bei Regellackierung mit Holzöl ohne Benutzung der Trockenkammer. Der weitere Vorteil der Trockenkammer besteht darin, daß der darin getrocknete Farbanstrich ausgereifter ist und der Wagen danach sofort fertiggestellt und ohne Schaden dem Betrieb übergeben werden kann.

Alle Feuchtigkeit, die in dem Holzgerippe und in der Wandbekleidung noch vorhanden ist und alle später auftretenden Harzflüsse oder Neigungen zu Blasenbildungen werden rechtzeitig beseitigt, so daß später keine dadurch verursachten Schäden auftreten.

Rostschutzanstrich an Güterwagen

Am stärksten beansprucht man den Schutzanstrich der Güterwagen bei Verwendung offener Wagen zur Verladung von Koks. Die Beanspruchung der Untergestelle dieser Wagen ist derartig stark, daß die Lebensdauer solcher, hauptsächlich für Koksverladung verwendeter Wagen sehr gering ist. Abb. 17 zeigt den Angriff durch Rost an dem Untergestell eines eisernen offenen Wagens, der 25 Jahre alt ist. Das Verrosten geht so weit, daß die Flansche der Längsträger bis zur Dicke eines Papiers und noch weiter abgenutzt sind. Die Winkel sind durch Rost zerstört und die Pufferbohlen sind stellenweise durchfressen. Im Gegensatz dazu zeigt Abb. 18 einen Wagen, der 33 Jahre alt, also 8 Jahre älter ist, und sich trotzdem vollkommen gut erhalten hat. In diesem Wagen hat man ausschließlich Kalk befördert. Wenn auch ein be-

Abb. 20
Beanspruchung einer Bodenplatte mit zweimaligem Asphaltlack-Anstrich. Der Anstrich ist vollständig zerstört und das Eisen verrostet.

Abb. 21
Dreimaliger Nitro-Emailleauftrag, vollständig verrostet.

Abb. 22
Anstrich mit Spargrund und Zelluloseüberzug. Starke Rost- und Bläschenbildungen mit Unterrostungen. Vergr.: 20fach.

Abb. 23
Bleiweißanstrich in Leinöl mit Holzöllackfarbe gedeckt. Fläche leicht angerostet. Vergr.: 20fach.

sonderer Schutz durch einen aufklappbaren Deckel vorhanden ist, so fällt doch der vorzügliche Zustand aller Teile des Untergestelles auf; auch die nicht geschützten Teile des Wagens hat der feine Kalkstaub, der alle Teile überzieht, vor Rost und Zerstörung bewahrt. Koks greift also das Untergestell, Farbschicht und Eisen am stärksten an; Kalk dagegen schützt das Eisen vollkommen.

Anstrichversuche an neuen Kokswagen

Um verschiedene Rostanstriche beurteilen zu können, hat man daher an einem mit Koks beladenen Güterwagen, Bauart A 10, vergleichende Beobachtungen angestellt. Ein neuerer Wagen wurde nach sorgfältigem Entrosten mittels Sandstrahles mit 48 verschiedenen Anstrichen versehen und mit Koks beladen. Für jeden Anstrich blieb infolgedessen nur eine verhältnismäßig kleine Fläche. Der Wagen hat 16 Monate fertig gestrichen und mit Koks beladen auf dem Hofe in Salbke gestanden. Bei trockenem Wetter wurde der Koks künstlich angefeuchtet. Der sonst hölzerne Fußboden ist durch Blechtafeln ersetzt, die Löcher zum Ablaufen des Wassers haben, Abb. 19. Diese Tafeln sind strichwei außen und innen mit derselben Farbe überzogen, so da ein guter Vergleich angestellt werden konnte. Die Anstrich an diesen Bodenblechen sind sehr stark angegriffen. B Beendung des Versuches hat sich erwiesen, daß die Ve suchszeit für die Anstriche auf dem Blechboden z lang bemessen war. Auf der Innenseite war der A strich größtenteils vollständig zerstört; eine dicke Kok schicht bildete mit dem Eisen eine feste Masse. Jedoc konnten immer noch Unterschiede in dem Verhalten d einzelnen Anstricharten festgestellt werden. Um so bess kann man die Anstriche auf der unteren Seite der Blec vergleichen. Der Angriff des Anstriches oder des darunt befindlichen Bleches ist an den Wasserlöchern am stärk sten, und läßt sich auch gut beobachten an den Stellen, w das Blech auf Holz aufgelegen hat.

Abb. 20 bis 27 sind kennzeichnende Beispiele je ein Gruppe dieser Versuche. Das Ergebnis dieser langen un kostspieligen Untersuchung kann folgendermaßen zusam mengefaßt werden:

Abb. 24
Zweimaliger Anstrich von Holzölleinölstandöl und Leinölfirnis mit Zinkoxyd und Beinschwarz. Leichte Rost- und Bläschenbildungen. Vergr.: 20fach.

Abb. 25
Zweimaliger Holzölanstrich mit Eisenoxyd. Leichte Rost- und Bläschenbildungen. Vergr.: 20fach.

Abb. 26
Zweimaliger Anstrich von Leinölholzöl mit Eisenmennigeoxyd. Leichte Bläschenbildungen mit Unterrostungen.

Abb. 27
Anstrich von Leinölfirnis mit Bleimennige und Deckanstrich von Asphaltlack. Der Anstrich hat sich im Untergrund sehr gut erhalten, der Asphaltlack schält sich etwas an den Auflagestellen ab.

Grundanstriche mit Leinölfirnis unter Zusatz von Bleimennige, gutem Eisenoxyd oder Zinkoxyd haben sich als dauerhafte Rostschutzanstriche erwiesen. Die brauchbarsten Deckanstriche waren ebenfalls die mit Leinölfirnis angesetzten Farben, denen etwas Härtungsmittel, wie Holzöl, Kopal, Kopalester oder Kunstharz und dieselben Farbzusätze oder auch Beinschwarz beigegeben wurde.

Wenig befriedigt haben Farbgemische, die sehr stark mit Holzöl angesetzt waren und ein leichtes Farbpigment als Träger hatten, desgleichen die gewöhnlichen käuflichen Asphaltlacke und ganz besonders Nitroanstriche.

Wenn auch dieser Versuch am ruhenden Wagen vorgenommen worden ist, so daß die rüttelnden Bewegungen und die mechanischen Beanspruchungen durch Reibung fehlten, so haben wir doch für die Zusammensetzung eines guten Rostschutzes bei Kokswagen Richtlinien ermittelt.

An den Vortrag schloß sich folgende Erörterung:

Dipl.-Ing. Hauck, Düsseldorf: Die Haltbarkeit der Schutzanstriche hängt von den Anstrichstoffen, aber auch stark von der Zusammensetzung der Stähle ab. So kann man durch Kupferzusatz eine wesentlich höhere Haltbarkeit nicht nur des nackten Stahls, sondern auch des darauf angebrachten Schutzanstrichs erreichen. Durch großzügige Versuche der Bessemer and Lake Erie Railroad Co. und der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., hat sich gezeigt, daß die Schutzüberzüge auf Stahl mit Kupferzusatz (sogenanntem witterungsbeständigem oder gekupfertem Stahl) besser haften als auf ungekupfertem.

Bei 200 Eisenbahnwagen der Bessemer Railroad hat man eine Seite aus gewöhnlichen Blechen und die andre aus gekupferten Blechen hergestellt; nach sechsjähriger Laufzeit hat sich auf den ungekupferten Blechen unter dem Farbanstrich starker Rost gebildet, und die Farbe springt ab, Abb. 28. Dagegen haftet die Farbe auf den Blechen aus Stahl mit Kupferzusatz noch ohne Spuren einer Abblätterung, Abb. 29. Die Haltbarkeit der Schutzanstriche läßt sich bis zur ersten Großüberholung auf diese Weise von 10 auf 15 Jahre erhöhen. Auch die Pennsylvania-Railroad verwendet Bleche mit Kupferzusatz und soll dadurch 12 $ jährlich bei jedem Wagen sparen. Die Ersparnis entsteht durch die um rd. 50 vH höhere Lebensdauer bis zur ersten Ausbesserung, also durch das bessere Haften der Schutzanstriche.

In Deutschland fand man beim Abbruch der alten Kölner Eisenbahnbrücke Teile, deren Anstrich auffallend gut erhalten war; diese Teile enthielten bis zu 0,25 vH Cu. Die bessere Haltbarkeit der Farbanstriche erklärt sich auch aus der durch die seit zwei Jahren laufenden Naturversuche der Vereinigten Stahlwerke bestätigten Tatsache, daß sich auf dem Stahl mit Kupferzusatz eine gleichmäßige, festhaftende Rostschicht bildet, daß dagegen der ungekupferte Stahl ungleichmäßig rostet und an den am stärksten angegriffenen Stellen abblättert, wodurch die Überzüge abgesprengt werden. Ebenso halten sich Verzinkungen auf Draht und Blechen aus Stahl mit Kupferzusatz erheblich besser als auf gleichen Stählen ohne wesentlichen Kupfergehalt.

An den Rohren, Abb. 30 und 31, die seit April 1926 den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind, erkennt man deutlich die Verschiedenheit des Rostansatzes, und es wird klar, daß der Einfluß der Rostausbildung auf das Haften der Schutzfarbe zu beachten ist. Es wäre wünschenswert, daß die Reichsbahn bei ihren großzügig eingeleiteten Versuchen über die Haltbarkeit der Schutzanstriche die Art des Grundmetalles berücksichtigt.

Dr. Ernst Knebel, Ludwigshafen: Es gibt heute bereits eine große Anzahl von Arten von Nitro-Zellulose-Lacken, die die erste Stufe längst hinter sich haben. Nach einer Veröffentlichung in „Farbe und Lack“ hat eine ame-

Abb. 28
Amerikanischer Stahlgüterwagen nach sechsjähriger Dienstzeit. Bleche aus gewöhnlichem Stahl. Der Farbanstrich ist in großen Stücken abgefallen. Starke Unterrostung.

Abb. 29
Amerikanischer Stahlgüterwagen nach sechsjähriger Dienstzeit. Platten aus gekupfertem Stahl. Farbanstrich noch vollkommen erhalten.

Abb. 30 und 31
Rohre, die zwei Jahre den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Ungekupferter Stahl rostet ungleichmäßig und blättert an den am stärksten angegriffenen Stellen ab; gekupferter Stahl überzieht sich mit einer gleichmäßig festhaftenden Rostschicht.

rikanische chemische Fabrik eine Rundfrage an 20 maßgebende amerikanische Eisenbahngesellschaften gerichtet. Davon verwendeten 18 Eisenbahngesellschaften Nitro-Zellulose-Lackierung, und zwar zum Teil schon seit dem Jahre 1923. Verschiedene Gesellschaften gaben dabei an, daß es sich um regelrechte Versuche handelt. Einige sagten, die Aussichten seien günstig, Nachteile fielen ganz weg, es lägen zahlreiche Vorteile vor, z. B. schnelles Trocknen, Dauerhaftigkeit, geringe Gesamtkosten, besseres Aussehen, Lackausbessermöglichkeiten usw.

Auch die Firma I. G.-Farbenindustrie, A.-G., hat in dieser Hinsicht günstige Beobachtungen gemacht, und zwar in zwei Fällen. In einem Falle fährt seit 1926 zwischen Rom und Calais einmal täglich hin und zurück ein Schlafwagen der Internationalen Schlafwagengesellschaft. Der Wagen hat sich bis jetzt ausgezeichnet gehalten. Ein weiterer Versuchsgegenstand ist im März 1926 in Nitro-Zellulose-Lackierung ausgeführt worden. Es ist der erste Aluminiumwagen, der von der Halberstadt – Blankenburger Eisenbahngesellschaft in Auftrag gegeben war. Er hat 4000 Nietköpfe. Der Wagen wurde vor sechs Wochen durch Brand beschädigt, nicht eine der Nieten (abgesehen von den durch Brand beschädigten) hat irgendwelche Zerstörungserscheinungen an sich gehabt. Hiernach kann man jedenfalls sagen, daß eine Nitro-Zellulose-Decklackierung, in der richtigen Zusammensetzung, auch eine außerordentlich lange Zeit hält. (Knebel zeigte eine Anzahl von Blechen, die über zwei Jahre auf dem Fabrikdach der Verwitterung ausgesetzt waren. Die Lackierung hatte sich ausgezeichnet gehalten.)

Ich habe meine Ausführungen nur deshalb gebracht, um zu zeigen, daß die Beobachtung eines so wichtigen Gebietes aus falscher Einstellung heraus nicht unterbrochen werden darf, sondern daß man gerade die technische Anwendung weiter gründlich studieren müsse. Für Studienzwecke sind Nitro-Zellulose-Lackierungen sehr günstig, da sie nach dem Auftragen sofort den Endzustand annehmen und man sie dann je nach der Verwendung beeinflussen kann. Ich glaube, daß der Nitro-Zellulose-Lackfilm bald eine sehr große Bedeutung erlangen wird.

Dr.-Ing. Paul Nettmann, Charlottenburg, füh Lichtbilder über Farbluftfilter vor. Durch Anordnu von Raschig-Ringen zwischen Streckmetallen werden Farbteilchen aus Spritzluft ausgeschieden. Zur Üb prüfung der Ausscheidungen wurde in den Luftstrom Bogen weißes Papier eingeschaltet. Das Papier zeigte na 16 h keine Beschmutzung durch Farbteilchen.

Dr. Asser, Hamburg: Oberbaurat König sprach v der Unmöglichkeit, die Eisenbahnwagen so zu pfleg wie Kraftwagen oder Kleinbahnwagen. Ich möchte a regen, der Wagenpflege doch unbedingt mehr Beachtung schenken. Nur wenn man den Wagen pflegt, kann man v seinem Anstrich Haltbarkeit erwarten. Aber bei der Reicl bahn geht man den Eisenbahnwagen mit Besen und Lau zu Leibe! Das sollte bei Lackierungen nicht vorkomm da müssen unbedingt andre Wege gefunden werden.

Wenn ein Wagen rechtzeitig gepflegt wird, vielleic mit Pflegemitteln, die heute noch gar nicht vorhanden si wenn ein Wagen mit einer neuen Leinölhaut doppelt lange hält, wie ein andrer Wagen, so gibt das zum Nac denken Anlaß. Es müßte doch ein Kleines sein, ein Wagen mit einer neuen Ölhaut zu versehen, wenn si das als wirtschaftlich herausstellt.

Die geschilderten Versuche sind außerordentlich merkenswert. Herrn Baurat König ist vom Standpunkt d chemischen Industrie herzlichst zu danken; denn die V suche sind dringend notwendig, um hier eine richtige Grun lage zu schaffen.

Oberbaurat König: Die Reichsbahn-Verwaltung st bereits Versuche mit kupferhaltigem Eisenblech mit 0,25 Kupfergehalt an. Seit etwa 1½ Jahren laufen im Betrie 20 offene Güterwagen, welche zur Hälfte mit solchen kupfe haltigen Eisenblechen und mit gewöhnlichen neuen Blech versehen sind. Außerdem laufen seit 14 Monaten drei Pe sonenwagen, die zu ¼ mit kupferhaltigen Kaltwalz-Blech bekleidet sind, sowie seit etwa neun Monaten eine Lok motive, deren Bekleidung zur Hälfte aus kupferhaltige Kaltwalzblech besteht. Die Versuchszeit ist jedoch noch kurz, als daß über die Bewährung der kupferhaltigen Blecl ein Urteil abgegeben werden könnte. [B 1703]

Lichtsignale auf Lokomotiven zur selbsttätigen Zugüberwachung

Die unter starken Nebeln leidende Eisenbahnstrecke Madison—Pequot, Illinois, die zudem einen sehr dichten Verkehr aufweist, hat eine Zugsicherung, bei der die Streckenbesetzungssignale mittels elektrischer Beeinflussung als Lichtsignale auf den Lokomotiven erscheinen. Drei übereinander angeordnete Lichtscheiben tragen die Buchstaben H, M und L. H bedeutet Höchstgeschwindigkeit, M mittlere und L geringe Geschwindigkeit. Die Länge der Blockabschnitte beträgt rd. 1200 m. In den Schienen kreisen elektrische Ströme, die über Induktionsspulen führen. An der Lokomotive selbst befinden sich ebenfalls Induktionsspulen. Die Stromkreise der aufeinanderfolgenden Blockabschnitte werden nun in der Weise beeinflußt, daß ein in einen A schnitt einfahrender Zug auf der Lokomotive des vorhe gehenden Abschnittes das Zeichen L, also geringe Fah geschwindigkeit, im vorletzten Abschnitt das Zeichen auslöst. Ob das eine oder andere Zeichen ausgelöst wi hängt von der Stromrichtung ab. Gleichzeitig wird au die Bremse betätigt.

Die zweigleisige Strecke wird, da sie zu einer Tagesz einen Stoßverkehr in der einen, zur andern in entgege gesetzter Richtung aufweist, auf beiden Gleisen in beid Richtungen befahren. Auch für diesen doppelgleisig Richtungsbetrieb sichert die Anlage den Zugverkehr der gleichen Weise. („Revue générale des Chemins de Fe August 1928 S. 252*) [N 1962 h] Ro.

Das Verladen und Lagern umladeempfindlicher Schüttgüter

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. H. Aumund, Berlin

Vorgetragen am 9. Juni 1928 in der Fachsitzung „Betriebstechnik“ der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

An der Hand bekannter Versuchsergebnisse wird die Wertminderung umladeempfindlicher Schüttgüter (Kohle, Koks, Briketts) bei verschiedenen Arten des Verladens und Lagerns zahlenmäßig ermittelt und vergleichend zusammengestellt.

Umlade- und Lagervorrichtungen müssen so gewählt werden, daß möglichst geringe Wertverminderung entsteht; denn wenn eine solche nach Art des Ladegutes beim Umladen überhaupt entstehen kann, so ist diese Wertminderung meistens bedeutsamer als die Ersparnis, die durch maschinelles Verladen zu erzielen ist. Das wird oft außer Acht gelassen und soll daher möglichst deutlich und zahlenmäßig vergleichbar vor Augen geführt werden. Wenn dabei auch über die Höhe der Zahlen an sich verschiedene Ansichten bestehen können, so wird durch sie doch auf jeden Fall ein guter Vergleich ermöglicht werden.

Die Wertminderung tritt meistens ein durch Grusbildung beim Verladen und kommt besonders in Frage bei Steinkohlen, insbesondere Magerkohlen, in Form von Nuß- und Stückkohlen, bei Briketts und bei Koks. Je nach dem Ladegut wird der Anteil der Grusbildung verschieden sein, und auch das Wertverhältnis von Grus und stückreichen Kohlen ist verschieden. In letzterer Hinsicht sei als Durchschnittswert angenommen, daß der Preis des Gruses halb so hoch sei, wie der Preis der stückreichen Kohlen. Nimmt man also den Preis der Stückkohlen mit 20 ℛℳ/t an, so entspricht jedes Hundertstel der Grusbildung einem Verlust von $\frac{2000}{2 \cdot 100} = 10$ ₰/t.

Bezüglich der Stärke der Grusbildung mögen die Versuchsergebnisse angenommen werden, die von Schilling in der Zeitschrift für Binnenschiffahrt[1]) veröffentlicht worden sind, vergl. Linien *a*, Abb. 1. Die hier dargestellten Schaulinien passen natürlich nicht für alle Kohlenarten, sie können aber ohne Bedenken verwendet werden, wenn man einen Vergleich verschiedener Verlade- und Lagerungsarten anstellen will. Für den Vergleich sind durchweg die ausgezogenen Linien benutzt worden, die sich auf das Gleiten oder Fallen von Kohlen auf Kohlen beziehen, also die niedrigeren Werte. Die für einen Gleitwinkel von 30° ermittelten Werte habe ich auch für größere Neigungen benutzt, wenn dabei durch besondere Einrichtungen die Gleitgeschwindigkeit in kleinen festgelegten Grenzen gehalten wird. Das entspricht den tatsächlichen Verhältnissen, da in beiden Fällen die Gleitbewegung ohne Beschleunigung vor sich geht.

Die Förderanlagen selbst sollen nur soweit angedeutet werden, daß die Behandlung der Kohlen erkennbar ist. Bezüglich Einzelheiten der Förderanlagen muß auf die jeweils angegebenen Quellen verwiesen werden.

[1]) Bd. 14 (1907).

Zahlentafel 1
Beladen der Eisenbahnwagen.

	Schema	Wagenart und Beladeart	Bewegungen und Grusbildung						Ges. Grusbildg. vH
			Gleiten auf Schurre 30° m	Gleiten auf Schurre 30° vH	Freier Fall im Wagen a. Kohle m	Freier Fall im Wagen a. Kohle vH	Gleiten i. Wagen 30° auf Kohle m	Gleiten i. Wagen 30° auf Kohle vH	
a		0-Wagen mit Ladeband	–	–	0,5	1,0	1,5	0,2	1,2
b		Kübelwagen mit Ladeband	–	–	1,0	2,0	1,5	0,2	2,2
c		Großraumwagen mit Ladeband	–	–	1,0	2,0	1,5	0,2	2,2
d		0-Wagen mit Ladeschurre	3,0	0,8	1,0	2,0	1,5	0,2	3,0
e		Kübelwagen mit Ladeschurre	2,2	0,5	1,3	2,5	1,5	0,2	3,2
f		Großraumwagen mit Ladeschurre	1,2	0,2	1,5	3,0	1,5	0,2	3,4

Abb. 1 Grusbildung der Kohle beim Fallen und Gleiten.

Als Lagerung kommt auch die Zwischenlagerung in Betracht, z. B. das Verladen in Eisenbahnwagen und Schiffe zum Zwecke des Verfrachtens, das Ablagern in Behälteranlagen als Zwischenlager für die Weiterbeförderung und endlich das Lagern auf den Ausgleichlagern der Zechen und anderer Betriebe. Für alle diese Zwecke sollen die bei verschiedenen Verladeverfahren entstehenden Verluste auf Grund der in Abb. 1 angegebenen Kurven ermittelt und miteinander verglichen werden.

Das Schema der Verladung und Lagerung und die dabei in Frage kommenden Gleitlängen und Fallhöhen sowie die diesen Verhältnissen entsprechende Grusbildung und Wertminderung sind für die hauptsächlichsten Umladegruppen in den Zahlentafeln 1 bis 7 angegeben. In den Zahlentafeln ist die Gleitlänge bei verschiedenen Neigungen oder die Fallhöhe in schwach ausgeschriebenen Zahlen angegeben und dahinter die nach den in Abb. 1 dargestellten Schaulinien berechnete Grusbildung in Hundertteilen. Die letzte Spalte enthält die gesamte Grusbildung. Die Zahlen sprechen für sich, doch soll zur größeren Deutlichkeit noch kurz das Folgende hinzugefügt werden.

Beladen von Eisenbahnwagen,

Zahlentafel 1. In den hierfür hauptsächlich in Frage kommenden Betrieben, den Zechen, benutzt man zum Beladen der Eisenbahnwagen durchweg und zweckmäßig Ladebänder. Man erkennt aber, daß hierfür die 0-Wagen (a) am günstigsten, die Kübelwagen (b) und die Großraum-Selbstentlader (c) weniger günstig sind, da das Ladeband nicht so weit in den Laderaum gesenkt werden kann.

Etwas stärkere Grusbildung entsteht beim Beladen mit Ladeschurren, die meistens so lang sein müssen, daß sie im hochgeklappten Zustand das Lichtraumprofil freigeben, und die bei der anzustrebenden Neigung von 30° nicht tief in den Entladeraum hinabgesenkt werden können. Die Verluste sind in diesem Falle fast gleich für alle Wagenarten.

Entladen von Eisenbahnwagen in Behälter,

Zahlentafel 2. Die Grusbildung ist bei den bisher allgemein verwendeten Anordnungen (a und d in Zahlentafel 2) recht erheblich, und zwar besonders dadurch, daß die Kohle frei und mit großer Geschwindigkeit aus dem Wagen herausstürzt, nachdem der Wagen eine Neigung von etwa 45° oder mehr erhalten hat. Sie ist beim Entladen der Selbstentlader genau so groß wie bei den

Zahlentafel 2
Entladen von Eisenbahnwagen in Behälter.

	Schema	Entladeart	Gleiten im Wagen m	Gleiten im Wagen vH	Freier Fall im Behälter m	Freier Fall im Behälter vH	Gleiten im Behälter m	Gleiten im Behälter vH	Ges. Grusbildung vH
a		0-Wagen in Füllrumpf ohne Stauplatte	4 (45°)	3,5	2	5,0	4	0,5	9,0
b		0-Wagen in Füllrumpf mit Stauplatte	4 (30°)	1,5	—	—	4	0,5	2,0
c		Großraumwagen in Füllrumpf	2 (45°)	1,5	2,5	7,0	4	0,5	9,0
d		0-Wagen in Behälter ohne Stauplatte	4 (45°)	3,5	1,5	3,0	2	0,2	6,7
e		0-Wagen in Behälter mit Stauplatte	4 (30°)	1,5	1	2,0	2	0,2	3,7
f		Großraumwagen in Behälter	2 (45°)	1,5	2	5,0	2	0,2	6,7
g		Handentladung in Kübel	1 (30°)	0,2	1	2,0	—	—	2,2

Zahlentafel 3
Entladen von Eisenbahnwagen in Flußschiffe.

	Schema	Entladeart		Grusbildung b. Kippen mit einm. Zwischenverladung vH	Gleiten auf Beladeschurre m	Gleiten auf Beladeschurre vH	Freier Fall ins Schiff m	Freier Fall ins Schiff vH	Gleiten im Schiff m	Gleiten im Schiff vH	Ge[illegible] bi[illegible]
a		Kippen über Schurre in verstellbarer Höhe n. 2a, Spalte 1		3,5	6 (30°)	2,5	1,5	3,0	6	1,0	[illegible]
b		Kippen über i. Höhe verstellbar. Füllrumpf m. Schurre nach 2a		9,0	6 (30°)	2,5	1,5	3,0	6	1,0	[illegible]
c		Kippen i. Füllrumpf mit Förderband	nach 2a	9,0	6 (30°)	2,5	0,5	1,0	6	1,0	[illegible]
			nach 2b	2,0	6 (30°)	2,5	0,5	1,0	6	1,0	[illegible]
d		Kippen mit Staupl. ohne Füllrumpf m. Förderband n. 2b, Spalte 1		1,5	6 (30°)	2,5	0,5	1,0	6	1,0	[illegible]
e		Kübelverladung	nach 2 d	6,7	—	—	1	2,0	4	0,5	[illegible]
			nach 2 e	3,7	—	—	1	2,0	4	0,5	[illegible]
			nach 2 f	6,7	—	—	1	2,0	4	0,5	[illegible]
			m. Handbeldg. i. Küb.	2,2	—	—	1	2,0	4	0,5	[illegible]
f		Kippen mit Kipperbrücke		3,5	—	—	3	8,5	6	1,0	1[illegible]
g		Kübelwagen		—	—	—	1	2,0	4	0,5	[illegible]

Zahlentafel 4
Entladen von Eisenbahnwagen in Seeschiffe.

	Schema	Entladeart		Kippen in Schurre bezw. i. Zwischenförd. vH	Freier Fall ins Schiff oder in Entladerohr m	Freier Fall ins Schiff oder in Entladerohr vH	Gleiten (aus Schüttrohr) ins Schiff Kohle a. Kohle 30° m	Gleiten (aus Schüttrohr) ins Schiff Kohle a. Kohle 30° vH	G[illegible] b[illegible]
a		unmittelbares Entladen über Schurre / für Schurre		3,5 / 3,5	6	20,0	6	1,0	2[illegible]
b		unmittelb. Entladen durch Schüttrohr mit Schwingkipper oder Kipperbrücke		3,5	3	8,5	6	1,0	1[illegible]
c		mittelbar. Entladen üb. Förderband mit Füllrumpf	nach 2a	9,0	2	5,0	6	1,0	1[illegible]
			nach 2b	2,0	2	5,0	6	1,0	[illegible]
d		mittelbar. Entladen m. Kübelverladung	nach 2d	6,7	1	2,0	6	1,0	[illegible]
			nach 2e	3,7	1	2,0	6	1,0	[illegible]
e		Kübelwagen		—	1	2,0	6	1,0	[illegible]

Kippern, weil auch beim Öffnen der Selbstentladeklappen das Ladegut mit großer Geschwindigkeit frei aus dem Wagen herausfällt. Während aber beim Kippen die Grusbildung dadurch erheblich herabgedrückt werden kann, daß man durch eine Stauplatte das plötzliche Herausstürzen der Ladung verhindert (b und e) und so durch allmähliche Ablagerung im Füllrumpf oder Behälter einen freien Fall vermeidet[2]), ermöglicht die Bauart der Selbstentlader eine solche Verbesserung kaum. Der Unterschied beträgt beim Entladen in Erdfüllrümpfe 7 vH entsprechend einem Wert von 70 ₰/t, er ist also um ein mehrfaches höher als die ganzen Kosten der Entladung. Beim umladeempfindlichen Ladegut ergibt sich auch auf Grund dieser Erwägung, daß die Verwendung der 0-Wagen günstiger ist. Auf den Vergleich beider Wagenarten, der auf den Förder- und Entladekosten aufgebaut ist, soll hier nicht eingegangen werden. Er ist eingehend von C. Weicken in einem Buch über Kohlenentladung aus Eisenbahnwagen[3]) behandelt worden.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Handentladung (g in Zahlentafel 2) mit rechnungsmäßig 2,2 vH Grusbildung beim Entladen in Kübel immer noch eine bessere Behandlung der Kohle ergibt, als die günstigste Kipperentladung. Doch kommt diese ihr in der vervollkommneten Form mit Stauplatte (e) sehr nahe und ist ihr beim Entladen in Erdbunker (b) sogar etwas überlegen. Allerdings entstehen bei der Entnahme aus dem Erdbunker noch weitere neue Verluste.

Entladen von Eisenbahnwagen in Flußschiffe, Zahlentafel 3.[4]) Die der eigentlichen Schiffsbeladung in der Regel vorausgehende Entladung in einen Zwischenbehälter nach dem Schema in Zahlentafel 2 ist in der ersten Spalte in ihren Ergebnissen vorangestellt. Im übrigen gelten die für das Entladen der Eisenbahnwagen in Behälter gegebenen Hinweise. Auch hier entstehen die hauptsächlichsten Verluste durch die große Gleitgeschwindigkeit und den freien Fall (a, b, f in Zahlentafel 3). Zur Vermeidung der großen Sturzgeschwindigkeiten erweist sich auch hier eine Stauplatte als sehr nützlich (d), und damit kommt das Kippen den bei der Handentladung und dem Kübelbetrieb bestehenden günstigen Verhältnissen (e) ziemlich nahe. Die nach a und b errechneten Zahlen stimmen auch mit der praktischen Erfahrung, nach der man z. B. im Hafen von Ruhrort das Handentladen trotz der größeren Entladekosten der Kipperentladung vorzog, deutlich überein.

Zwischen rd. 4,7 vH Grusbildung bei der Handentladung nach e und 15,5 vH Grusbildung beim Kippen nach b besteht mehr als 10 vH Unterschied, entsprechend einem Wert von reichlich 1 $\mathcal{RM}$/t. Gegenüber der Entladeweise nach d beträgt der Unterschied aber nur 1,3 vH entsprechend 13 ₰/t. Dieser Unterschied ist [illegible] geringer als die Mehrkosten der Handentladung. [illegible] günstigsten Verhältnisse ergeben sich im Hinblic[illegible] die Schonung der Kohlen bei der Kübelverladung [illegible] Kübelwagen (g). Es ist daher zu bedauern, daß [illegible] Beförderung bei der Reichsbahn wenig Vorliebe f[illegible] während der bevorzugte Betrieb mit Großraumwagen [illegible]hältnismäßig ungünstig für die Schonung des S[illegible] gutes ist.

Entladen von Eisenbahnwagen in Seeschiffe, Zahlentafel 4.[5]) Auch hier ist das vorherige Ent[illegible] in Zwischenbehälter in der ersten Spalte von Za[illegible]tafel 4 vorweggenommen. Die Wege, die beim Be[illegible] der Seeschiffe einzuschlagen sind, stimmen im we[illegible]lichen überein mit den neueren Wegen für die Flußs[illegible]beladung. Insbesondere fallen bei den in Frage kom[illegible]den großen Höhen die großen Verluste in die Augen [illegible] bei der unmittelbaren Entladung (a) entstehen. Die [illegible]luste können zwar etwas gemildert werden, wenn [illegible] wie mehrfach ausgeführt, am vordern Ende der [illegible]schurren Verschlußtüren anbringt, so daß die i[illegible] Schurre gleitenden Kohlen zunächst aufgefangen we[illegible] Wirksamer können die Verluste wohl herabgesetzt w[illegible] durch ausziehbare Schüttrohre (b), und zwar auf etw[illegible] Hälfte des bei a angegebenen Wertes; aber immer bl[illegible] sie noch hoch. Eine weitere Verminderung der Ve[illegible] kann durch die Einschaltung von Verladebänder[illegible] erzielt werden, ein Weg, der bei den zur Zeit im [illegible] von Danzig im Bau begriffenen Anlagen besch[illegible] worden ist, insbesondere aber durch das vorherige [illegible]laden in Kübel, die mit Kranen ins Schiff gesenkt [illegible]

[2]) Vergl. die ausführliche Abhandlung von Weicken, Fördertechnik und Frachtverkehr Bd. 21 (1928) S. 225.
[3]) Berlin 1927, Beuth-Verlag.
[4]) Wegen ausführlicher Darstellung von Beispielen nach Schema a in Zahlentafel 3 vergl. Z. Bd. 49 (1905) S. 1221, nach Schema b Aumund, Hebe- und Förderanlagen, Bd. 2 S. 145, nach Schema c desgl. S. 149, nach Schema e Z. Bd. 50 (1906) S. 1057.

[5]) Wegen ausführlicher Darstellung von Beispielen nach Sch[illegible] vergl. Z. Bd. 53 (1909) S. 1255, nach Schema b Z. Bd. 56 (1912) S. 4[illegible]

Zahlentafel 5. Entladen auf Freilager.

Schema	Entladeart		Grusbildung b. Kippen an sich vH	Freier Fall m	Freier Fall vH	Gleiten auf Lager Kohle auf Kohle m	Gleiten auf Lager Kohle auf Kohle vH	Gesamt Grusbildung vH
a	Kipperbrücke auf Freilager		3,5	2	5,0	3	0,5	9,0
b	Kübel auf Freilager	bei Kipper nach Z e	3,7	1	2,0	3	0,5	6,2
		Kübelwagen	–	1	2,0	3	0,5	2,5
		b. Großraumwagen in Kübel nach 2 f	6,7	1	2,0	3	0,5	9,2
c	Kipper auf Tieflager mit Stauplatte		1,5	–	–	3	0,5	2,0

ohne Fallhöhe entladen werden (d). Natürlich erweist sich aber auch hier die Kübelverladung in Verbindung mit Kübelwagen (e) am günstigsten.

Entladen auf Freilager,

Zahlentafel 5. Bei dieser Entladeart liegen die Verhältnisse insofern günstig, als der unbeschränkte Raum sowohl das unmittelbare Entladen der Eisenbahnwagen (a und c) als auch das Entladen der Kübel (b) unmittelbar über dem Lagerhaufen gestatten. Wenn man dabei noch das schnelle Gleiten der Ladung beim Kippen durch eine Stauplatte verlangsamt (c), so können die Abriebverluste sehr niedrig gehalten werden.

Sonderaufgaben für Kohlenzechen

Die in Zahlentafel 5 unter c dargestellte unmittelbare Ablagerung in Tieflager könnte auch für die Ausgleichlager auf Zechen benutzt werden, wobei die länger lagernden Kohlen zur Verhinderung des Verlustes an Brennwert unter Wasser gesetzt werden könnten.

Da aber die Ausgleichlager in der Regel nicht auf so lange Zeit berechnet sind, kommt hier doch wohl meistens die Trockenlagerung in Betracht. Dabei sollte man aber mehr Rücksicht auf Schonung der Kohlen nehmen, als es bis jetzt oft geschieht. Untersucht man z. B. die in dieser Zeitschrift Bd. 72 (1928) Nr. 18 S. 581 u. Nr. 20 S. 674 beschriebene Anlage, so ergibt sich dabei nach Zahlentafel 6 rechnungsmäßig eine Grusbildung von rd. 30 vH, wenn man annimmt, daß die Kohlen wieder in Eisenbahnwagen verladen werden sollen. Wenn die Grusbildung aber auch nur angenähert so groß ist, so hat es keinen Sinn, die Kohlen nach der Aufbereitung in Sorten zu lagern. Denn sie können doch nicht wieder als sortierte Kohlen verkauft werden, oder sie müssen zunächst noch einmal durch die Aufbereitung gehen, was noch weitere Grusbildung und weitere Verluste bedeutet.

Tatsächlich werden häufig die von der Halde entnommenen Kohlen zunächst noch einmal durch die Aufbereitung geleitet. Da die Kohle anderseits zweckmäßig nach der Sortierung gelagert wird, weil oft nur für einzelne Sorten das Bedürfnis zum Lagern besteht, so sollte sie so behandelt werden, daß sie auch nach der Lagerung noch ohne weitere Behandlung als sortierte Kohle verfrachtet werden kann.

Wesentlich besser als das eben erwähnte Verfahren ist das in Zahlentafel 7 dargestellte Verfahren, die Kohle in Kübel zu laden, diese entweder auf dem Lager zu entleeren und die Kohle mit Greifern oder Schaufeln in Verbindung mit einem Verladeband wieder aufzunehmen (a), oder sie ohne Umladen in den Behältern zu lagern (b). Denn auch das Entleeren der Behälter auf dem Lager und das Wiederaufnehmen mittels Greifer macht eine nochmalige Aufbereitung kaum entbehrlich und bedeutet noch eine Grusbildung von etwa 10 vH. Stellt man dagegen, wie es hier und da in andern industriellen Betrieben schon durchgeführt wird, die Kübel als Behälterlager ab, so ermäßigt sich die Grusbildung auf rd. 5 vH, und nun kann man eine weitere Aufbereitung mit Sicherheit entbehren.

Zwar werden die Kübel als Behälterlager teurer als das Freilager mit Kran zum Aufnehmen und Entladen der Kübel und mit Greifer zum Wiederaufnehmen der Kohle. Wir können aber in beiden Fällen die Kosten des Kranes gleichsetzen, ebenso die Kosten der Wagen mit den Kübeln für die Anfuhr der Kohle zur Krananlage. Bei gemischtem Betrieb mit diesen beiden Verfahren können wir sogar Kran und Wagen für beide Arbeitsweisen benutzen. Nur die Kosten der eigentlichen Lagerkübel kommen bei der Anordnung mit Behälterlager gegenüber der Anordnung mit Schüttlager hinzu. Dafür spart man 5 vH an Grusbildung entsprechend etwa 50 ₰/t. Nehmen wir an, daß ein Kübel von 16 m³ oder rd. 12 t Inhalt 4000 kg wiegt, und bei Herstellung in größerer Zahl 2000 RM kostet, daß er bei zehnjähriger Benutzung und einem Zinssatz von 8 vH an Kapitalkosten 14 vH erfordert, dazu etwa 2 vH an Unterhaltung, zusammen also jährlich 16 vH, so betragen die jährlichen Unkosten $200\,000 \cdot \frac{16}{100} = 320$ RM. Der Kübel müßte, da bei jedesmaliger Entleerung 6 RM Kohlenentwertung

Zahlentafel 6
Ausgeführtes Ausgleichlager für Kohlenzechen mit hoher Grusbildung.

a_1 Kabelkran I
a_2 „ II bei Erweiterung des Bestandplatzes
b Bestandplatz
c Bunker
d Zubringerwagen
e Pendelbecherwerk } i. d. Förderbrücke über d Gleisen
f Plattenband (umkehrbar) } i. d. Förderbrücke über d Gleisen
g Schragband vom Nachtbunker zur Förderbrücke
h Becherwerk zum Nachtbunker
i Nachtbunker
k_1, k_2 Schiebebühnen
l_1 Aufbereitung I und II
l_2 „ III
m Stahlförderband unter den Endbunkern
n Elektrohängebahn (Ringbahn)
o Erdbunker
p alter Lagerplatz

Entladen auf Bestandlager und Beladen in Eisenbahnwagen nach Z. Bd. 72 (1928) S. 581	Freier Fall	4 m	13,0 vH
	Gleiten im Füllrumpf	6 „	2,0 „
	Fallen in Kübel . . .	1 „	2,0 „
	Entladen aus Kübel .	2 „	5,0 „
	Gleiten Kohle auf Kohle		0,5 „
	Aufnehmen mit Greifer .		5,0 „
	Übergang in Förderer . .		2,0 „
	Beladen des O-Wagens . .		1,2 „
	Gesamtgrusbildung		30,7 vH

Zahlentafel 7
Ausgleichlager für Kohlenzechen mit geringer Grusbildung.

a	Beladen von Kübeln. Entladen auf Lagerplatz. Aufgreifen und Entladen auf Bahnwagen.	Beladen der Kübel	2,2 vH
		Entladen der Kübel	2,0 vH
		Gleiten Kohle auf Kohle	0,5 vH
		Aufgreifen	5,0 vH
		Gesamtgrusbildung	9,7 vH
b	Beladen von Kübeln. Aufbewahren im Kübel. Entladen in Bahnwagen.	Beladen der Kübel	2,2 vH
		Entladen in Bahnwagen	3,0 vH
		Gesamtgrusbildung	5,2

a = Aufbereitungsanlage
b = Ladegleise
c, d = Schiebebühnen
e, f = Gleise für das Ausgleichslager
g = Verladekran für Kübel- und Greiferbetrieb
h = Behälterlager
i = Schüttlager

gespart werden, 53 mal im Jahre umgeladen werden. Hiernach wird man leicht entscheiden können, inwieweit die Benutzung der Behälterlager lohnend ist und inwieweit unter Benutzung der gleichen Förderanlage die Verwendung von Schüttlagern für die länger lagernde Kohle zweckmäßig ist.

Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich mit der Anordnung nach Zahlentafel 6 erübrigt sich wohl. Eine derartige Anlage wird unwirtschaftlich sein, auch wenn die Anlagekosten gleich null wären. Nur ganz besondere örtliche Betriebsverhältnisse, die aber in der erwähnten Veröffentlichung nicht angeführt sind, können eine derartige Anlage rechtfertigen. Da diese Anlage erst in neuester Zeit erbaut worden ist, so zeigt gerade dieses Beispiel deutlich, daß es nicht überflüssig ist, auf die Bedeutung der Wertminderung umladeempfindlicher Güter erneut hinzuwei[illegible] und zu versuchen, den Vergleich zahlenmäßig zu [illegible]stalten, damit man von dem noch oft mangelhaft [illegible]wickelten Gefühl frei wird.

Das, was für das Verladen von Kohle gesagt wur[illegible] gilt in ähnlicher, vielleicht noch ausgeprägterer Fo[illegible] für das Verladen und Lagern von Koks und Briketts.

Allgemein zeigen die betrachteten Verladearten [illegible] die sich dabei ergebenden Wertverluste, daß beim V[illegible]laden und Lagern umladeempfindlicher Güter in ers[illegible] Linie die Behandlung des Ladegutes ausschlaggebend [illegible] und daß dann erst die Kosten des eigentlichen Umlad[illegible] für die Beurteilung der Zweckmäßigkeit in Betra[illegible] kommen. Diese Regel wird in Zukunft noch mehr zu [illegible]folgen sein, als es bisher geschehen ist. [B 1761]

Wissenschaftlicher Vertrieb

Vorträge in der Fachsitzung „Vertrieb" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen am 9. Juni 1928[1])

Seit etwa zehn Jahren ist die deutsche Industrie mit ständig wachsendem Erfolge bestrebt, wirtschaftliche Fertigung und wissenschaftliche Betriebsführung in den Dienst gesteigerter Gütererzeugung zu stellen. Heute haben wir damit erreicht, daß wir zwar mit geringerem Aufwand als vordem wirtschaftlicher arbeiten, daß wir aber auch vor der Frage stehen, wie wir unseren rationalisierten Betrieben durch gesteigerten Vertrieb volle Arbeitsmöglichkeiten schaffen. Wir brauchen auch einen Vertrieb auf wissenschaftlicher Grundlage, brauchen Vertriebsingenieure und hingebende Gemeinschaftsarbeit, um in unserer kritischen Lage rasch bislang Versäumtes nachzuholen. Schon ist in unsern Werken heute der Vertrieb gegenüber dem Betrieb der wichtigere Teil geworden, und vielleicht kommen uns von hier auch noch einmal Antriebe zur Normung, Typung usw., die stärker wirken als alle bisherigen Beweisgründe.

Daß solche Gedanken — vom Vorsitzenden der Fachsitzung, Dir. Dr.-Ing. Litz, in seinen Eröffnungsworten eindringlich zum Ausdruck gebracht — heute nicht wenige unsrer verantwortlichen Männer bewegen, bewies der über Erwarten große Besuch der Tagung. Mehr als 300 Teilnehmer hatten sich eingefunden und folgten den Berichten der Vortragenden, an die sich eine ausgedehnte Aussprache anschloß.

[1]) Eine ausführliche Wiedergabe der Vorträge und der Aussprache und eine durch zahlreiche Abbildungen ergänzte Beschreibung der Ausstellung „Vertriebstechnik" wird in „Technik und Wirtschaft" Bd. 21 (1928) Heft 8 (August) erscheinen; diese führt auch weitere Veröffentlichungen der Fachgruppe für Vertriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure an.

Abb. 1
Kaufkraft und Absatzaussichten für Kraftwagen in deutschen Großstädten

Abb. 2
Absatzentwicklung von Kraftwagen nach Stärkeklassen in Deutschland.

Über

rationelle Absatzgestaltung

sprach Ziv.-Ing. J. A. Bader, Berlin: Zur Rationa[illegible]sierung des Vertriebs brauchen Vertriebstechnik und Ve[illegible]triebspolitik genaue Unterlagen über Art und Größe d[illegible] feststehenden und veränderlichen Erscheinungen auf eine[illegible] Absatzmarkte. Die Marktunte[illegible]suchung soll bedarfhemmende u[illegible] bedarffördernde Kräfte erkenn[illegible] lassen, soll statt Schätzungen a[illegible] Zahlen beruhende Vorstellung[illegible] über Struktur und Konjunkt[illegible] der Märkte zu geben. D[illegible] Marktuntersuchungen erforde[illegible] zunächst eine Trennung d[illegible] Beobachtungsfelder in He[illegible]stellungs- und Absatzseite m[illegible] ihren verschiedenen, dem Vera[illegible]beitungs- und Verbrauchsgang d[illegible] Erzeugnisses von Stufe zu Stu[illegible] zugehörenden Märkten. Einig[illegible] ausgewählte Beispiele praktisch[illegible] Marktuntersuchung wurden in d[illegible] Ausstellung „Vertriebstechnik[illegible] gezeigt; für die Kraftwagenind[illegible]strie wurden Ermittlungen d[illegible] Kaufkraft in deutschen Gro[illegible]städten, Abb. 1, der Gliederu[illegible] des deutschen und preußisch[illegible] Kraftwagenbestandes nach Stärk[illegible]klassen, Abb. 2, u. a. durchgeführ[illegible] Ferner wurde der Absatz v[illegible] Landmaschinen und Sägewerk[illegible]maschinen untersucht, wobei [illegible] nach den Besonderheiten jed[illegible] Marktes die Einzelarbeit j[illegible]

weils auf die Klärung der augenscheinlich wichtigsten Zusammenhänge eingestellt wurde. Für die Vertriebskostenwirtschaft bieten Marktuntersuchungen wichtige Erkenntnisse; dazu gehören weiter Untersuchungen des Erzeugnisses selbst vom Standpunkt des Verbrauchers und des Wettbewerbs. Alle diese Ermittlungen führen zur Schaffung eines Wirtschaftsbarometers nicht nur für die Absatz-, sondern auch für die Betriebswirtschaft eines Unternehmens.

Zu den Ausführungen Baders brachte die anschließende

Aussprache

mannigfache Ergänzungen: über Versuche und Erfahrungen der Horchwerke auf dem Gebiete der Absatzvorausschätzung, über amerikanische und deutsche Wirtschaftsstatistik als Grundlage sicherer Vertriebsplanung und über ihre Bedeutung für eine wirtschaftliche Fertigung.

W. v. Appen, Hamburg, berichtete über

Vertriebstechnik und Ingenieur,

insbesondre im Ausfuhrgeschäft. Hier werden — mehr noch als im Inlande — vielfältige ungewohnte Anforderungen an den Vertriebsingenieur gestellt. Die Wege und Eigenarten des industriellen Überseehandels erfordern genaue Kenntnis von Land und Leuten, Rohstoff-, Industrie- und Verkehrsverhältnissen, Wirtschaftskraft und Wagnis. Überseeländer mit fortgeschrittener Industrialisierung stellen an den Auslandingenieur umfassende technisch-wirtschaftliche Ansprüche, während in weniger entwickelten Ländern der Dienst am Kunden mehr in geschickter Anpassung und Beratung bei ungünstigen Beförderungs- oder Betriebsverhältnissen bestehen wird. Diese Gesichtspunkte sind nicht allein bei der Einrichtung von Konsignationslagern in Übersee zu beachten, sondern schon beim Entwurfe der zur Ausfuhr bestimmten Maschinen und andern Erzeugnisse. Leichte, einfach zerlegbare und von Ungeübten bedienbare Ausführungen werden von englischen und amerikanischen Werken vielfach zweckmäßiger geliefert als von deutschen, so daß letztere oft unter sehr ungünstigen Wettbewerbverhältnissen zu arbeiten haben und deshalb nicht selten große Verluste durch Beanstandungen eintreten, die weniger in mangelnder Güte als in ungeeigneter Bauart begründet sind.

Praktische Erfahrungen bei der

Einführung eines Erzeugnisses auf dem Markte,

nämlich neuartiger Handschleifmaschinen, vermittelte Ing. W. Schlüter, Düsseldorf. Die Bearbeitung des Inlandmarktes erfordert andre organisatorische Arbeit als das Ausfuhrgeschäft; Auswahl und Schulung der Verkäufer (Vertreter) müssen ganz auf höchste Leistungen auf dem in Frage kommenden Sondergebiet eingestellt werden. Es zeigt sich immer wieder, daß die Kundschaft nur Vertretern mit eingehender Sachkenntnis Vertrauen schenkt und auf ständige Fühlung Wert legt — ein Umstand, der zur Abgrenzung verhältnismäßig kleiner Bezirke führt. Jeder Vertreter muß mit allen Mitteln bestrebt sein, unmittelbar mit den maßgebenden Leuten des Betriebs in Fühlung zu kommen; Aufklärung im Betriebe war stets wirksamer als die oft Widerspruch weckende Einführung der Neuerung durch Einkaufsbeamte. Alle Vertreter wurden planmäßig mit den neuen Maschinen und Arbeitsverfahren vertraut gemacht, ihre späteren Erfahrungen wurden vom Verkaufsleiter zusammengefaßt und durch Anweisungen, Arbeitsbilder usw. in der ganzen Verkaufsorganisation verbreitet. Eine sachlich aufklärende und planmäßig eingesetzte Werbung ebnete der Arbeit der Vertreter den Weg.

Abb. 3
Wettbewerbgrenzen des Lastkraftwagens gegenüber dem Eisenbahnversand.

Abb. 4
Die „Z-Kurve" als Hilfsmittel der Umsatzstatistik.

a Monatwerte: die einzelnen monatlichen Umsätze
b Monatsummen: die fortgeschriebene Summe der Monatwerte ab Januar
c laufende Zwölfmonatsumme: für jeden Monat die Summe der jeweils 12 vorhergehenden Monate, also z. B. für Okt. 1927 die Summe: Nov. + Dez. 1926 + Jan. bis mit Okt. 1927. Kurve *c* zeigt also von Monat zu Monat neu gebildete Jahressummen, die die Saisoneinflüsse und kurze Störungen in der Kurve *a* ausgleichen, die Grundrichtung der Entwicklung aber reiner erkennen lassen.

Die Bezeichnung „Z-Kurve" rührt von der dem Buchstaben Z ähnelnden Gestalt des Linienzuges *c*—*b*-Grundlinie her.

Der Bericht von Werbebeirat E. Kuhlemann, Stuttgart, behandelte das Gebiet der Werbung besonders unter dem Gesichtspunkte der

Systematik des industriellen Werbefeldzugs.

Da bei den meisten technischen Erzeugnissen ein Kaufentschluß oft Monate oder Jahre dauert, muß die Technik des Verkaufs diesem Zeitmaße angepaßt, d. h. auf Dauerwirkung eingestellt sein, und man muß die Zeitspanne des Verkaufsvorgangs durch richtige Werbung abzukürzen suchen. Um den Käufer dem angebotenen Erzeugnis geneigt zu machen, braucht man namentlich folgende Mittel: Erinnerungswerte, Aufklärung und Beständigkeit in der Werbung. Über die Verkaufskraft einer Anzeige z. B. müssen klare Vorstellungen geschaffen werden; jedes Werbemittel ist eine Kapitalanlage, die genaues Abwägen von Aufwand und Erfolg verlangt. Die neuzeitliche Industriewerbung erfordert einen auf den Käufer sorgsam abgestimmten Aufbau, einen nach bestimmtem Rhythmus angelegten Werbeplan und wirksame Werbemittelreihen. Planmäßige Werbung hat sich immer gut gelohnt, zumal im technischen Vertrieb ihre Kosten verhältnismäßig niedrig sind, oft unter 1 vH des Umsatzes.

In der

Aussprache

wurde die gründliche Schulung von Verkäufern wiederholt betont und angeführt, welche umfassende Ausbildung z. B. in Amerika für Ausland-Verkaufingenieure üblich ist. Für den wissenschaftlichen Ausbau der Werbelehre wurden technisch-wissenschaftliche Mitarbeiter gefordert, damit planvolle Arbeit geleistet werden kann.

Die

Ausstellung „Vertriebstechnik"

ergänzte die Ausführungen in der Fachsitzung. Ganz neuartige Aufgaben lagen hier vor: statistische Zahlen, wirtschaftliche und organisatorische Dinge in anschauliche, fesselnde Gestalt zu bringen. Die Ausstellung befindet sich jetzt im Ausstellungsraum „Sinnarbeit" des Vereines deutscher Ingenieure in Berlin, Dorotheenstraße 47 (Eingang Neue Wilhelmstraße). Die lebhafte Anteilnahme der Besucher — nicht allein während der Hauptversammlung in Essen, sondern auch heute noch im Ausstellungsraume „Sinnarbeit" — beweist, daß die ausstellungstechnisch reizvolle Form der Modelle und Schaubilder den Willen zur wissenschaftlichen Durchdringung absatztechnischer Fragen weckt. Die „Erkundung der industriellen Herstellungs- und Absatzmärkte" wurde hier in ausgewählten Beispielen zu zeigen versucht: Modelle zur land- und holzwirtschaftlichen Betriebstatistik, über Kaufkraft, Absatzentwicklung und Stärkeklassengliederung des deutschen Kraftwagenmarktes über Arbeitsmarktbewegungen u. a. m. ließen die Möglichkeiten genauerer Absatzschätzungen erkennen. Aus den Gebieten „Vertriebsorganisation, Verkauf und Versand" fesselten farbige Darstellungen zur Vertriebskostenwirtschaft, Abb. 3, zur Umsatzplanung und -überwachung, Abb. 4, Schautafeln über Kundendienstorganisation, plastische Darstellungen von Zeitstudien aus der Vertreterarbeit und zahlreiche Bilder werbekundlichen Inhalts.

Zeidler

[M 1861]

Die Benutzung der Streckgrenze bei Berechnung und Abnahme

Von Reichsbahnrat Dr.-Ing. Kühnel, Berlin
nach Versuchen von Oberinsp. Mohrmann und Insp. Karth

Einwände gegen die Zuverlässigkeit der Streckgrenze. — Die Streuung der oberen und unteren Streckgrenze bei Rund- und Flachstäben aus Kohlenstoff-, gekupfertem und siliziertem Stahl. — Einfluß von Zerreißgeschwindigkeit, Kopfform, Querschnitt, Kerbwirkung und Aufbauveränderung auf die Lage der oberen und unteren Streckgrenze bei St 37, St 48 und Si-Stahl. — Einfluß der Querschnittform. — Vorschläge für Normänderungen.

Einwände gegen die Zuverlässigkeit der Streckgrenze und Stellungnahme dazu

Der Wunsch des Konstrukteurs ist ein Einheitsbaustahl, dem er eine möglichst große Belastung ohne bleibende Verformung zumuten kann. Das Gebiet bleibender Verformung wird von dem elastischer Verformung durch die Streckgrenze[1]) geschieden. Daher verlangt der Konstrukteur eine hochliegende Streckgrenze und ihren Nachweis bei der Abnahme. Es kann ihm dabei nichts nützen, daß man ihn damit vertröstet, daß das Verhältnis von Streckgrenze zu Zugfestigkeit ja eigentlich festliege und daß somit nur die Zugfestigkeit zu bestimmen sei. Er ist dann nicht dagegen gesichert, daß ihm durch irgendwelchen Zufall ein Stahl gleicher Festigkeit, aber mit nicht hochliegender Streckgrenze vorgelegt wird. Auch ist ja je nach Querschnitt die Durcharbeitung und damit die Höhe der Streckgrenze verschieden, so daß die Nachprüfung der Lage der Streckgrenze immer sehr erwünscht bleiben wird. Je höher nun aber die Forderung der Streckgrenze gespannt wird, desto mehr läuft der Erzeuger Gefahr, bei der Abnahme Schwierigkeiten zu erfahren, wenn das Auftreten der Streckgrenze stark von Zufälligkeiten abhängt, deren Zusammenwirken während der Abnahmeprüfung nicht unter seinem Einfluß steht. Derartige Zufälligkeiten scheinen nun tatsächlich vorhanden zu sein und sind in der letzten Zeit in Veröffentlichungen und Vorträgen, insbesondere von Moser[2]) und Körber[3]) erörtert worden.

Das Wesentlichste der Ausführungen Mosers sei nachstehend kurz angeführt:

1) Man findet sehr oft, bei weichen Stählen als Regel, die Erscheinung des zusätzlich überhöhten Verzuges. Der Dehnverzug hält dabei mehr oder weniger weit noch über die Grenzspannung hinaus an, anders ausgedrückt: Die Verzugsauslösung findet erst bei einer mehr oder minder überhöhten Belastung statt. Die Auslösung des überhöhten Verzuges erfolgt stets ausgesprochen katastrophal; die Prüfmaschinen zeigen die Katastrophe durch einen plötzlichen Abfall, ein förmliches Kippen der Belastung an.

Der Eindruck, den das katastrophale Absinken der Last nach der Überhöhung auf den Beobachter macht, ist so einprägsam, daß er bei der Beurteilung des Streckvorganges stets maßgebend im Vordergrund stand. Es ist das Verdienst von Bach, erstmalig die Ansicht ausgesprochen zu haben, daß der kleineren Belastung, unter der das Strecken noch stattfindet, d. i. der unteren Streckgrenze, die größere Bedeutung zukomme.

2) Der bisherige Brauch kann zu durchaus falscher Beurteilung des Werkstoffes führen. Die obere Streckgrenze ist ihrem Wesen nach keine Stoffkonstante, sondern stellt eine von den Versuchsbedingungen abhängige Erhöhung über die wirkliche Streckgrenze hinaus dar. Ändert man die Versuchsbedingungen, so ändert sich auch der Betrag der Überhöhung, die obere Streckgrenze rückt nach oben oder unten oder fällt gegebenenfalls mit der unteren Grenze zusammen. Kennzeichnend für den Zustand und maßgebend für die technische Verwendung d Werkstoffes ist die untere Streckgrenze. Sie ist die Mi destspannung, bei der der Dehnverzug durch die Übe windung der Gleitwiderstände des Stoffes aufgehobe wird. Mit zufälligen Erhöhungen über diese Mindestspa nung darf der Konstrukteur, wenn er sicher gehen wi nicht rechnen.

Abb. 1 Spannungs-Dehnungs-Schaubild eines Rundstabes.

Abb. 2 Abhängigkeit der Lage der oberen Streckgrenze vom Querschnitt.

3) An Stelle der oberen Streckgrenze ist die unte Streckgrenze als die Streckgrenze schlechthin ei zuführen und zu bestimmen. DIN 1602 ist entspreche umzuändern. Jeder Zugversuch ist so durchzuführe daß man die untere Streckgrenze einwandfrei erkenne kann. —

Einige Worte seien hier noch zur eindeutigen Fes legung der gebrauchten Bezeichnungen eingefügt. Abb. zeigt das Spannungs-Dehnungs-Schaubild eines Rundstabe Bei 0 beginnt nach der bisherigen Norm das Strecken d Stabes, das sich durch Zeigerabfall ankündigt, und di durch 0 gelegte Senkrechte $E_1 E_2$ trennt das elastisc vom plastischen Verformungsgebiet. Bei U hat der Zeig den Tiefstand erreicht; das Gleichgewicht zwischen fli ßendem Stab, seiner beginnenden Verfestigung und der i Kraftzufluß zurückgebliebenen Maschine ist erreicht. D bei U ermittelte Spannung rechnet man ohne Berück sichtigung der inzwischen eingetretene Zusammenziehung auf den Anfangsquerschnitt u und bezeichnet sie als untere Streckgrenze — im Gege satz zu der bei O liegenden, die man obere Streckgrenz nennt. Man nimmt dabei an, daß der Werkstoff sic normalerweise bei U_1, der wagerechten Projektion von U gestreckt hätte, wenn nicht besonders günstige Ve suchsumstände eine Überspannung bis O ermöglicht hätte

Es ist aber wohl noch niemand gelungen, den Bewei für diesen Schluß zu bringen, und es erscheint jedenfall recht fragwürdig, einen nach beginnender Streckung e rechneten Wert ins elastische Gebiet zu übertragen un ihn als Streckgrenzenbeginn anzunehmen. Verschiedent

[1]) Eine weitergehende Unterscheidung, die zur Elastizitätsgrenze führen würde, soll hier außer Betracht bleiben.

[2]) Moser, Über die Elastizitätsgrenze und die Streckgrenze, Werkstoffbericht 96 des Vereines deutscher Eisenhüttenleute; Moser, Grundsätzliches zur Streckgrenze. Bach-Sonderheft. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure Heft 295.

[3]) Körber, Das Problem der Streckgrenze, Vortrag auf dem Internationalen Kongreß für die Materialprüfungen der Technik, Amsterdam 1927; Körber, Die Grundlagen der mechanischen Prüfung, Vortrag Reihe 5 der Werkstofftagung Berlin 1927.

Abb. 3
Abhängigkeit der oberen Streckgrenze von der Zerreißgeschwindigkeit nach Moser.

lich[4]) habe ich daher betont, daß die bisherigen Beobachtungen auf diesem Gebiet noch einer weiteren Ergänzung bedürfen, ehe man sich veranlaßt sehen kann, zu den beiden Hauptforderungen, nämlich der Einführung der unteren Streckgrenze als Wertmaßstab oder der noch schärferen der völligen Beseitigung der Streckgrenze aus den Abnahmevorschriften, endgültig Stellung zu nehmen.

Zahlenmäßig müßte nämlich nachgewiesen werden, um welchen Betrag die Streuungen der Streckgrenze bei den verschiedenen Versuchsanordnungen, also beim Rund- und Flachstab, schwanken, und ob sie eine positive oder negative Richtung haben. Sind sie nämlich positiv, also Überhöhungen, wie aus den Ausführungen schon abgeleitet werden kann, so verlieren sie sehr stark an Bedeutung für das praktische Abnahmegeschäft und für die Berechnung. Sofern diese der niedrigsten Streckgrenze angepaßt ist, könnte es eigentlich gleichgültig sein, in welchem Umfang hier Überhöhungen eintreten. Man müßte sie sogar als erwünscht bezeichnen, da sie eine zusätzliche Sicherheit des Werkstoffs über das praktisch vorausgesetzte Maß bieten.

Zudem hat Bach in seinen im Jahre 1904 bis 1906 erfolgten Ausführungen über die Streckgrenze in dieser Zeitschrift[5]) bereits darauf hingewiesen, daß die erwähnten Überhöhungen nur dem Rundstab zu eigen sind und im Flach- und Profilstab kaum noch in praktisch bedeutsamem Maß auftreten. Ein sehr kennzeichnendes Bild sei in Erinnerung gebracht, Abb. 2. Erweist sich diese Erkenntnis auch heute noch in weiterem Umfang als zutreffend, so wären die eingangs genannten Forderungen Mosers für eine Prüfung mit dem Flach- und Profilstab nicht zu erheben, sondern müßten sich auf den Rundstab beschränken.

Es erscheint weiterhin aber doch noch nicht genügend geklärt, ob nun die sogenannte untere Streckgrenze gegenüber der oberen ein so wesentlich zuverlässigerer Maßstab ist, daß man sie als den eigentlichen Wertmaßstab des Werkstoffs erwählen und gewissermaßen als d i e Werkstoffstreckgrenze ansehen müßte, während die obere, überhöhte gewissermaßen die Streckgrenze des Versuchs oder des Stabes wäre. Wer sich diese Erklärung zu eigen machen will, der muß auch nachweisen, woher denn eigentlich diese gelegentliche, sehr eigenartige Überhöhung der Streckfestigkeit im elastischen Gebiet kommt, weshalb also der gleiche Werkstoff beim gleichen Aufbau veranlaßt wird, seine Normalstreckgrenze plötzlich um viele Prozente bis zur Zugfestigkeit zu überschreiten.

[4]) Werkstoffbericht des Vereins deutscher Eisenhüttenleute Nr. 96 8; ferner zu den Vorträgen von Körber und Kulka auf der Werkstofftagung.
[5]) Z. Bd. 48 (1904) S. 1040, Bd. 49 (1905) S 615.

Ermittlung des Streuungsbereichs der oberen und unteren Streckgrenze bei Rund- und Flachstäben aus Kohlenstoff, gekupfertem und siliziertem Stahl

Zwei größere Versuchsreihen sollten nun der weiteren Klärung der aufgeworfenen Fragen dienen. Die erste Versuchsreihe erstreckte sich auf Prüfung einer größeren Anzahl von Rund- und Flachstäben, deren obere und untere Streckgrenze s. Zt. geprüft war, ohne daß zunächst die Absicht bestand, bestimmte Gesetzmäßigkeiten hierbei festzustellen. Untersuchungen des Gefüges oder der chemischen Zusammensetzung fanden hier nicht statt. Über die Einzelheiten des Versuches bei den Rundstäben ist folgendes zu sagen: Für den Kopf wurde ein langer Kegel gewählt, weil nach den bisherigen Erfahrungen der allmähliche Übergang dieser Kopfform am besten etwaige Überhöhungen in Erscheinung treten läßt. Ergebnisse von Proben von 20 mm Dmr. einer mittleren Zugfestigkeit von 37,5 kg/mm² mit einer Streuung von ± 2,5 vH, also im Bereich von 35 bis 40 kg/mm², wurden nach steigender Zerreißgeschwindigkeit bis zu 5 kg/mm²s in Kurvenblättern zusammengestellt. Die steigende Zerreißgeschwindigkeit mußte hier, wenn die eingangs unter 2 genannte Annahme Mosers zutraf, dazu führen, daß die labile obere Streckgrenze von der steigenden Zerreißgeschwindigkeit beeinflußt und nach oben getrieben wurde, während die stabile untere eine annähernde Gerade bleiben mußte. Es müßte sich also in idealer Form eine Kurvenlage nach Abb. 3 ergeben.

Abb. 4 zeigt das Ergebnis dieser Prüfungen. Die obere Streckgrenze nähert sich mit steigender Zerreißgeschwindigkeit kaum noch der Zugfestigkeit. Die untere Streckgrenze zeigt noch weniger den Charakter des Idealbildes; sie bildet keine Parallele zur Abszisse, sondern folgt unverkennbar der oberen Streckgrenze ziemlich gut parallel. Der Abstand der oberen von der unteren Streckgrenze vergrößert sich daher auch nicht mit steigender Zerreißgeschwindigkeit, sondern es folgen sich in ständigem Wechsel große und kleine Abstände. Übersteigen sie den Wert von 2 bis 3 kg, der die Regel bildet, so liegt die obere Streckgrenze stets hoch, über 70 vH der Zugfestigkeit. Der Streuungsbereich erstreckt sich für die obere Streckgrenze von 21 bis 33 kg/mm², bei der unteren von 18,5 bis 32 kg/mm², d. h. von etwa 50 vH bis etwa 85 vH der Zugfestigkeit, ist also auch bei der unteren Streckgrenze sehr groß. Die untere Streckgrenze ist demnach nicht stabil und unterliegt den gleichen Einflüssen wie die obere.

Wir haben die gleichen Untersuchungen für Stäbe mit 40 bis 45, 45 bis 50 und 50 bis 60 kg/mm² Zugfestigkeit durchgeführt; der Verlauf war ganz ähnlich.

Abb. 4
Obere und untere Streckgrenze bei steigender Zerreißgeschwindigkeit. Rundstab von 20 mm Dmr. (Schlanker Kegel). Zugfestigkeit 35 bis 40 kg/mm².

Abb. 5
Obere und untere Streckgrenze bei Flachstäben. Werkstoff: Stahl mit 35 bis 45 kg/mm² Zugfestigkeit.

50fache Vergr. 300fache Vergr.
Abb. 6 und 7
Stahl St 37

Abb. 6 bis 11
Gefüge der geprüften Stähle.

Es wäre nun möglich gewesen, daß vielleicht das Drosselventil der hydraulisch betriebenen 50 t Mohr & Federhaff-Maschine in irgendeiner Weise die Maschinenbewegung und damit die Lage der Streckgrenze beeinflußte. Eine Anzahl von Versuchen belehrte uns jedoch, daß dieser Einfluß ohne Bedeutung war. Man kann nun vielleicht diesen Versuchsreihen entgegenhalten, daß hier eine weitere Werkstoffuntersuchung nicht stattfand und daß der Einfluß von Unterschieden der Zusammensetzung und vielleicht auch der Vorbehandlung nicht ausgeschaltet ist. Das trifft zu, aber der ziemlich enge Zugfestigkeitsbereich, nach dem die Zusammenstellung der Ergebnisse durchgeführt wurde, sichert doch eine praktisch genügende Gleichmäßigkeit des Werkstoffes.

Wir wandten uns nunmehr den Versuchen mit Flachstäben zu. Zunächst wurde auch hier wieder eine allgemeine Versuchsreihe mit gewöhnlichem Kohlenstoffstahl durchgeführt. Daran schloß sich als Überleitung zu der zweiten Versuchsreihe eine mit gekupfertem und siliziertem Stahl — geglüht und ungeglüht — mit bekannter Zusammensetzung[6]). Die Abmessungen der Flachstäbe lagen zwischen 7 × 30 bis etwa 30 × 30 mm. Die Köpfe waren für Klemmbackeneinspannung bemessen. Bei der ersten Versuchsreihe wurde die Zerreißgeschwindigkeit noch beobachtet. Da sich aber hier ebensowenig ein nennenswerter Einfluß auf die Lage der oberen Streckgrenze erkennen ließ, so wurden bei den gekupferten und silizierten Proben diese Beobachtungen nicht mehr durchgeführt.

Abb. 5 enthält nun eine Zusammenstellung der an Kohlenstoffstahl mit 35 bis 45 kg/mm² Zugfestigkeit ermittelten Werte der oberen und unteren Streckgrenze, geordnet nach steigendem Stabquerschnitt. Der gleichmäßige Verlauf dieser Kurve und der geringe Abstand zwischen oberer und unterer Streckgrenze fällt sofort auf. Nur in einem Fall, bei Nr. 13, wird ein nennenswerter Unterschied zwischen oberer und unterer Streckgrenze erreicht. Ein Einfluß des nach rechts hin anwachsenden Stabquerschnittes ist nicht festzustellen.

Bei den Flachstäben gleicher Abmessung aus gekupfertem Flußstahl und siliziertem Stahl — geglüht und ungeglüht — war der Kurvenverlauf ganz ähnlich.

Als Ergebnis dieser ersten Versuchsreihen wäre also zu buchen: Beim Flachstab werden bei kohlenstoff-, silizium- und kupferhaltigen Stählen in nahezu allen Fällen nur praktisch ganz geringe Unterschiede zwischen oberer und unterer Streckgrenze beobachtet. Beim Rundstab treten dagegen vereinzelt größere Unterschiede

[6]) Von der Wiedergabe soll hier abgesehen werden.

50fache Vergr. 300fache Vergr.
Abb. 8 und 9
Si-Stahl

50fache Vergr. 300fache Vergr.
Abb. 10 und 11
Stahl St 48.

zwischen oberer und unterer Streckgrenze bis 6 kg/mm² und darüber auf. In diesem Fall liegen oberen Streckgrenzen der Rundstäbe höher als die der Fla stäbe. Beim Flachstab wie beim Rundstab nehmen Kurven der oberen und unteren Streckgrenze auch steigender Zerreißgeschwindigkeit einen parallelen V lauf. Demnach ist ein Wesensunterschied zwischen beiden Streckgrenzen, wonach die eine stabiler und andre labiler sein müßte, nicht erkennbar.

Ermittlung des Einflusses von Zerreißgeschwindigk Kopfform, Querschnitt, Kerbwirkung und der Aufb veränderung auf die Lage der oberen und unte Streckgrenze bei St 37, St 48 und Si-Stahl

Für die zweite Versuchsreihe wurde nun von vo herein Rundstahl mit 30 mm Dmr. bekannter Zusamm setzung verwendet, und zwar St 37, St 48 und Si-St Die chemische Zusammensetzung enthält Zahlentafel

Die Gefüge zeigen Abb. 6 bis 11. Absichtlich hierbei der Si-Stahl hinter St 37 gesetzt. Man erkennt, bei gleich niedrigem C-Gehalt der perlitische Anteil, beim Si-Stahl mehr als Sorbit anzusprechen ist, verhält mäßig mehr Fläche einnimmt, so daß der Si-Stahl Stahl St 48 ähnlicher wird. In dieser feineren Verteil des Karbids, die dem Ferrit einen sehr guten Halt gibt ihm dabei seine hohe Zähigkeit läßt, dürfte vornehml die Ursache der günstigen mechanischen Eigenschaften Si-Stahls und der Hochlage seiner Streckgrenze zu such sein.

Abb. 12 und 13
Kopfformen der Zerreißproben.

Zahlentafel 1
Chemische Zusammensetzung von St 37, St 48 und Si-Stahl

	C vH	Si vH	Mn vH	P vH	S vH
37 . . .	0,12	0,27	0,63	0,02	0,03
48 . . .	0,32	0,46	0,61	0,02	0,03
Stahl . .	0,13	1,11	0,97	0,01	0,02

Mit den genannten Werkstoffen wurden nun zu-
chst mit zwei verschiedenen Zerreißgeschwindigkeiten
und 3 kg/mm²s und zwei verschiedenen Kopfformen
und *b*, Abb. 12 und 13, bei 20 mm Dmr. Zerreißver-
che unter genauer Beobachtung der unteren und oberen
reckgrenze durchgeführt. An diese Versuche schlossen
h Versuche mit Rundstäben von größerem Durch-
esser, und zwar 30 mm. Dann wurde an einzelnen Zer-
ßstäben eine Rille in der Stabmitte angebracht, um die
isammenziehung an dieser Stelle zu erzwingen. Weiter-
n wurde ausgeglühter — also normalisierter[7]) — Werk-
ff untersucht und schließlich in einigen Fällen noch
lachstäbe für Klemmbackeneinspannung, die aus
n Rundstangen zu zweien herausgeschnitten
ırden.

Die eingangs genannten Ausführungen Bachs deuten
, daß die Zusammenziehung des Werkstoffes offenbar
ır wirksam — und mehr noch als das Längsgleiten der
istalle aneinander — das Verhalten des Stabes und des
aftanzeigers auf dem Weg zwischen oberer und
terer Streckgrenze beeinflussen muß. Daher lag es
he, die Messung der Zusammenziehung in den Ver-
chsplan mit einzubeziehen. Verhältnismäßig einfach
ang das[8]), indem ein mit Schlitzen versehener Zylin-
r mit dem Zerreißstab in die Maschine gespannt wurde,
d zwar derart, daß die Beweglichkeit des Stabes in
ner Weise gehemmt wird, Abb. 14. Durch die Schlitze[9])
ndurch reicht der Taster einer Meßuhr, die an dem
linder anliegt und durch ihn Führung hat. Der Taster
vorn nicht eine Spitze, sondern eine Kante, so daß ein
ringes seitliches Abgleiten der Meßuhr das Ergebnis
ht beeinflussen kann. Fährt man mit der Meßuhr am
linder entlang, so zeigt der Taster etwaige Einschnü-
ıgen an.

[7]) St 37 wurde bei 900°, bei St 48 bei 850°, Si-Stahl bei 950° ½ h
lüht und alle wurden an der Luft abgekühlt.
[8]) Nach Entwürfen von Oberinsp. Mohrmann.
[9]) Auf der Vorderseite nur ein Längsschlitz von der Gesamtlänge
drei seitlichen Beobachtungsschlitze, die wir im Bilde sehen.

Abb. 15
Obere und untere Streckgrenze von St 37 bei verschiedenen Versuchsbedingungen.
Es entspricht:
die obere Linie der oberen Streckgrenze
„ mittlere „ „ unteren „
„ untere „ 60 vH der Zugfestigkeit.

Abb. 14
Versuchsanordnung zum Messen der an der Streckgrenze eintretenden Einschnürung.

Für St 37 finden sich die Ergebnisse aller Versuche in Zahlentafel 2. Aus den Werten der Spalte 8, Zahlentafel 2, ergibt sich, daß in allen Fällen bei Erreichung der unteren Streckgrenze eine erhebliche örtliche Zusammenziehung des Querschnitts vorliegt. Es schien sogar, als ob die Vorbereitung der Einschnürung bereits festzustellen war, unmittelbar ehe die obere Streckgrenze eintrat. M. E. haben wir daher keine Berechtigung, den an der unteren Streckgrenze abgelesenen Tiefstwert der Spannung auf den Anfangsquerschnitt umzurechnen und als untere Streckgrenze zu bezeichnen. Allenfalls kämen die Werte der Spalte 9, die den verminderten Querschnitt berücksichtigen, in Frage. Aber auch diese sind unsicher, weil man nicht weiß, ob an diesem Punkt ein Gleichgewicht zwischen nacheilender Kraftanspannung der Maschine und dem voreilenden gleitenden Stab durch dessen Verfestigung wirklich schon erreicht ist.

Der Werkstoff begegnet demnach der Überspannung seines Querschnittes zuerst durch eine örtliche Einschnürung. Die durch die Einschnürung ermöglichte Verlängerung des Stabes entspannt die Maschine sofort erheblich. Hieraus erklärt sich der fast augenblicklich erfolgende oft sehr starke Zeigerabfall, der nicht in diesem Maße eintreten würde, wenn im Stab ein gleichmäßiges Gleiten mit geringer Querschnittveränderung über die ganze Meßlänge einsetzte. Die Lage der Streckgrenze wird also mehr bedingt durch den Widerstand des Stabes in der Querrichtung als in der Längsrichtung. Daraus ergibt sich, daß jede örtliche Spannungserhöhung und damit der Stabquerschnitt überhaupt einen Größteinfluß haben müssen. Bemerkt sei, daß die Zusammenziehung an der Streckgrenze und die Zusammenziehung bei erreichter Zugfestigkeit nicht an der gleichen Stelle liegen.

Zahlentafel 2. Zerreißversuche an Rundstäben aus St 37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bezeichnung	Dmr. mm	Kopfform	Zerreißgeschwindigkeit kg/mm² s	Obere Streckgrenze kg/mm²	Niedrigste Streckgrenze kg/mm²	Gesamtabfall[1] kg/mm²	Zusammenziehung an der Streckgrenze[2] vH	Wirkliche Festigkeit an der niedrigsten Streckgrenze kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchzusammenziehung vH	Lage der Bruchstelle	Zustand	Be-mer-kun
B 1	20	b	1	28,9	27,1	1,8	5,1	28,6	42,8	67	mittl. Drittel	Anlieferung	
B 2	,,	,,	,,	32,7	27,6	5,1	6,7	29,6	42,8	67	äuß. ,,	,,	
B 3	,,	,,	,,	28,4	26,8	1,6	4,3	28,1	42,6	68	,, ,,	,,	
B 4	,,	,,	3	31,2	28,6	2,6	5,4	30,2	43,1	69	,, ,,	,,	
B 5	,,	,,	,,	31,1	27,6	3,5	5,1	29,1	42,8	68	mittl. Drittel	,,	
B 6	,,	,,	,,	32,2	27,6	4,6	7,7	29,9	42,8	69	äuß. ,,	,,	
B 7	,,	a	1	29,6	27,1	2,5	4,5	28,4	43,1	68	mittl. ,,	,,	
B 8	,,	,,	,,	31,6	27,0	4,6	3,9	28,2	43,0	68	,, ,,	,,	
B 9	,,	,,	,,	31,2	27,6	3,6	3,6	28,6	42,8	69	,, ,,	,,	
B 10	,,	,,	3	30,7	27,6	3,1	3,6	28,6	42,8	69	äuß. ,,	,,	
B 11	,,	,,	,,	30,2	27,6	2,6	3,6	28,6	43,1	67	mittl. ,,	,,	
B 12	,,	,,	,,	30,2	28,6	1,6	2,6	29,4	42,8	68	,, ,,	,,	
B 25	,,	b	1	36,7	27,2	9,5	3,0	28,2	42,1	71	äuß. ,,	geglüht	
B 26	,,	,,	,,	36,2	27,5	8,7	2,5	28,2	42,1	71	mittl. ,,	,,	
B 27	,,	,,	,,	36,2	28,0	8,2	4,5	29,4	42,1	71	,, ,,	,,	
B 28	20 — 0,25 f. d. Rille	,,	,,	34,6	28,3	6,3	2,5	28,9	43,8	—	,, ,,	Anlieferung mit Rille	In d Rill ge- risse
B 29	,,	,,	,,	34,4	28,1	6,3	2,5	28,8	43,3	—	,, ,,	,,	
B 30	,,	,,	,,	35,5	28,4	7,1	5,0	29,9	44,0	—	,, ,,	,,	
B 13	30	,,	,,	31,3	28,0	3,3	3,1	29,0	43,6	68	äuß. ,,	Anlieferung	
B 14	,,	,,	,,	30,5	27,7	2,8	—	—	43,7	67	,, ,,	,,	
B 15	,,	,,	,,	31,3	27,3	4,0	—	—	43,3	67	,, ,,	,,	
B 16	,,	,,	,,	35,2	27,6	7,6	3,5	28,5	42,4	71	,, ,,	geglüht	
B 17	,,	,,	,,	36,4	27,7	8,7	4,0	28,9	42,6	70	,, ,,	,,	
B 18	,,	,,	,,	35,8	28,1	7,5	4,5	29,4	41,9	70	,, ,,	,,	
B 19	30 — 0,25 f. d. Rille	,,	,,	30,7	28,9	1,8	6,0	30,7	44,6	66	,, ,,	Anlieferung mit Rille	
B 20	,,	,,	,,	30,1	28,4	1,7	3,0	29,2	44,5	61	,, ,,[3]	,,	
B 21	,,	,,	,,	31,3	28,7	2,6	—	—	43,9	68	,, ,,[3]	,,	

Die Proben B 19 bis 21 und B 28 bis 30 haben Rillen, die den ursprünglichen Durchmesser um 0,25 mm schwächen.

[1]) Höchstabstand zwischen oberer und unterer Streckgrenze.
[2]) Der genaue Wert liegt um 15 bis 20 vH niedriger, da sich selt der unterste Wert genau feststellen läßt.
[3]) Außerhalb der Rille.

Die Lage der oberen zur unteren Streckgrenze und ihre Veränderung bei wechselnder Kopfform, bei wechselnder Zerreißgeschwindigkeit, wechselndem Stabdurchmesser — auch mit Rille und bei verändertem Werkstoffaufbau (Ausglühen) — ist in Abb. 15 in Kurven dargestellt.

Für die untere Streckgrenze liegen die Werte fü 3 kg/mm²s Geschwindigkeit Nr. 10 bis 12 und 4 bis 6 etwa günstiger als die Werte 7 bis 9 und 1 bis 3.

Durch die Rille wird die untere Streckgrenze merk lich gehoben, Nr. 28 bis 30 und 19 bis 21, ähnlich schein der stärkere Stabquerschnitt — 30 mm — zu wirken.

Zahlentafel 3. Zerreißversuche an Rundstäben aus St 48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bezeichnung	Dmr. mm	Kopfform	Zerreißgeschwindigkeit kg/mm² s	Obere Streckgrenze kg/mm²	Niedrigste Streckgrenze kg/mm²	Gesamtabfall kg/mm²	Zusammenziehung an der Streckgrenze vH	Wirkliche Festigkeit an der niedrigsten Streckgrenze kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchzusammenziehung vH	Lage der Bruchstelle	Zustand	Bemerkungen
A 1	20	b	1	39,3	33,3	6,0	2,7	34,2	55,1	57	äuß. Drittel	Anlieferung	
A 2	,,	,,	,,	34,9	32,7	2,2	2,0	33,4	55,9	56	mittl. ,,	,,	
A 3	,,	,,	,,	34,9	33,5	1,4	3,6	34,8	55,9	55	,, ,,	,,	
A 4	,,	,,	3	37,7	34,9	2,8	3,6	36,1	56,1	55	,, ,,	,,	
A 5	,,	,,	,,	36,4	34,3	2,1	3,6	35,6	55,9	56	,, ,,	,,	
A 6	,,	,,	,,	35,8	34,8	1,0	4,4	36,5	56,3	56	äuß. ,,	,,	
A 7	,,	a	1	34,0	32,9	1,1	1,3	33,4	55,8	56	,, ,,	,,	
A 8	,,	,,	,,	37,4	33,3	4,1	2,1	34,0	56,1	56	mittl. ,,	,,	
A 9	,,	,,	,,	37,1	34,0	3,1	3,2	35,2	56,1	54	äuß. ,,	,,	
A 10	,,	,,	3	35,8	33,3	2,5	3,2	34,3	56,1	53	mittl. ,,	,,	
A 11	,,	,,	,,	38,2	33,5	4,7	3,3	34,7	56,1	52	,, ,,	,,	
A 12	,,	,,	,,	38,0	33,3	4,7	3,2	34,4	56,1	54	äuß. ,,	,,	
A 13	30	b	1	35,8	33,0	2,8	1,5	33,6	55,6	55	,, ,,	,,	
A 14	,,	,,	,,	35,0	33,1	1,9	2,0	33,8	55,2	55	,, ,,	,,	
A 15	,,	,,	,,	35,4	33,3	2,1	2,0	34,1	55,1	56	,, ,,	,,	
A 16	,,	,,	,,	40,4	33,4	7,0	2,0	34,0	56,0	55	mittl. ,,	geglüht	
A 17	,,	,,	,,	38,5	32,8	5,7	1,0	33,1	56,0	55	,, ,,	,,	
A 18	,,	,,	,,	38,9	33,1	5,8	1,5	33,5	55,7	54	,, ,,	,,	
A 19	30 — 0,25 f. d. Rille	,,	,,	35,7	34,2	1,5	2,0	35,1	57,6	55	äuß. ,,	,,	
A 20	,,	,,	,,	36,4	34,5	1,9	2,5	35,5	57,5	—	mittl. ,,	,,	In der Ri le gerisse
A 21	,,	,,	,,	36,4	34,5	1,9	3,5	35,8	57,4	—	,, ,,	,,	
A 22	,,	,,	,,	37,2	33,6	3,6	3,0	34,7	56,8	—	,, ,,	,,	
A 23	,,	,,	,,	37,2	34,0	3,2	4,0	35,4	57,0	—	,, ,,	,,	In der Ri le gerisse
A 24	,,	,,	,,	36,4	34,0	2,4	2,0	34,7	57,0	—	,, ,,	,,	

Die Proben A 19 bis 24 haben Rillen, die den ursprünglichen Durchmesser um 0,25 mm schwächen.

Abb. 16
Obere und untere Streckgrenze von St 48
bei verschiedenen Versuchsbedingungen.

Es entspricht:
die obere Linie der oberen Streckgrenze
„ untere „ „ unteren „
„ punktierte Linie 60 vH der Zugfestigkeit.

Abb. 17
Obere und untere Streckgrenze für Si-Stahl
bei verschiedenen Versuchsbedingungen.

Es entspricht:
die obere Linie der oberen Streckgrenze
„ mittlere „ „ unteren „
„ untere „ 60 vH der Zugfestigkeit.

Bei der oberen Streckgrenze ist ein klarer Einfluß von ppfform und Zerreißgeschwindigkeit nicht erkennbar. e Streuung ist nicht größer als bei der unteren Streckenze. Eigenartig ist der Einfluß der Rille, der einmal im 20 mm-Stab die obere Streckgrenze stark hebt, beim mm-Stab dagegen ohne Wirkung bleibt. Der Einfluß s Glühens erhöht dagegen bei Stäben von 20 und 30 mm nr. infolge der Gefügeänderung die obere Streckenze.

In Zahlentafel 3 sind die Ergebnisse der Versuche an 48 in der gleichen Anordnung wie bei St 37 zusammenstellt.

Nach Spalte 8 tritt die Zusammenziehung der Proben i erreichter oberer Streckgrenze auch hier wieder auf, e Beträge sind aber kleiner.

Niedrigste und oberste Streckgrenze sind aus Abb. 16 sichtlich. Die Streuungen der oberen Streckgrenze nd beim Stabe mit 20 mm stärker, daher ist es kaum mögh, einen Einfluß der Kopfform oder der Zerreißschwindigkeit auf die Lage der oberen Streckgrenze erkennen. Die Anbringung einer Rille hebt die untere und obere Streckgrenze. Durch Glühen wird die obere Streckgrenze emporgetrieben, die untere bleibt unverändert. Erhält der geglühte Stab eine Rille, so sinkt die obere Streckgrenze wieder und die untere steigt. Von den Zerreißstäben A 14 und A 19 — St 48 im Anlieferungszustand ohne und mit Rille — und A 16 und A 24 — St 48 geglüht ohne und mit Rille — wurden Längsschliffe angefertigt. Sie ergeben jedoch keine so wesentliche Beeinflussung des Aufbaues, wie man nach der Veränderung der Streckgrenzenlage hätte erwarten können. Die Versuche 1 a bis 2 b zeigen die Lage der oberen und unteren Streckgrenze an Flachstäben, die aus den Rundstäben zu je zweien herausgeschnitten wurden, mit wesentlich herabgedrückter oberer Streckgrenze[10]).

In Zahlentafel 4 finden sich schließlich die Ergebnisse der Untersuchungen an Si-Stahl. Die Anordnung der Zahlentafeln 2 und 3 ist beibehalten. Die Zusammenziehung der Proben (Spalte 8) ist auch hier wieder zu

[10]) Die Einzelwerte sind leicht aus Abb. 16 zu entnehmen und daher in Zahlentafel 3 nicht erst aufgeführt.

Zahlentafel 4. Zerreißversuche an Rundstäben aus Si-Stahl

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
e-ich-ng	Dmr. mm	Kopfform	Zerreißgeschwindigkeit kg/mm² s	Obere Streckgrenze kg/mm²	Niedrigste Streckgrenze kg/mm²	Gesamtabfall kg/mm²	Zusammenziehung an der Streckgrenze vH	Wirkliche Festigkeit an der niedrigsten Streckgrenze kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchzusammenziehung vH	Lage der Bruchstelle	Zustand	Bemerkung
1	20	b	1	44,1	36,3	7,8	5,5	38,4	55,0	65	mittl. Drittel	Anlieferung	
2	„	„	„	43,6	35,3	8,3	3,9	36,7	54,5	64	äuß. „	„	
4	„	„	„	44,0	36,3	7,7	3,7	37,7	54,7	65	mittl. „	„	
4	„	„	3	42,6	37,5	5,1	3,5	38,8	55,1	65	„ „	„	
5	„	„	„	41,6	37,5	4,1	4,4	39,2	55,4	64	„ „	„	
6	„	„	„	40,8	36,9	3,9	4,5	38,5	54,9	64	„ „	„	
7	„	a	1	40,5	36,8	3,7	2,4	37,7	55,0	65	„ „	„	
8	„	„	„	39,5	36,6	2,9	4,7	38,5	55,0	66	„ „	„	
9	„	„	„	39,5	35,8	3,7	2,8	36,9	54,8	64	„ „	„	
0	„	„	3	41,0	36,8	4,2	3,5	38,1	55,0	64	äuß. „	„	
1	„	„	„	41,2	37,1	4,1	3,7	38,6	55,0	65	mittl. „	„	
2	„	„	„	40,3	36,8	3,5	5,0	38,8	55,0	64	äuß. „	„	
3	30	b	1	41,3	36,8	4,5	3,6	38,3	54,8	64	„ „	„	
4	„	„	„	43,5	37,2	6,3	3,0	38,4	54,9	63	„ „	„	
5	„	„	„	41,3	37,6	3,7	3,1	38,9	54,9	63	„ „	„	
6	„	„	„	38,4	33,8	4,6	3,5	35,0	54,0	52	„ „	geglüht	
7	„	„	„	38,5	33,8	4,7	2,5	34,7	54,4	54	„ „	„	
3	„	„	„	38,1	33,4	4,7	3,5	34,6	54,4	55	„ „	„	
[illegible]	30 — 0,25 f. d. Rille	„	„	39,8	36,9	2,9	1,5	37,6	55,7	—	mittl. „	mit Rille	In d. Rille gerissen
[illegible]	„	„	„	39,3	36,5	2,8	3,5	37,8	56,0	—	„ „	„	
[illegible]	„	„	„	41,3	37,4	3,9	3,5	38,8	53,6	68	äuß. „	„	

Die Proben C 19 bis 21 haben Rillen, die den ursprünglichen Durchmesser um 0,25 mm schwächen.

beobachten. Die Beträge sind etwas niedriger als bei St 37. Abb. 17 enthält die Aufzeichnungen über die obere und untere Streckgrenze.

Hier scheint sich ein Einfluß der Kopfform deutlicher bemerkbar zu machen. Kopf *b* ergibt eine höhere obere Streckgrenze als Kopf *a*. Der Einfluß der Zerreißgeschwindigkeit erscheint dagegen bei den beiden Kopfformen eher entgegengesetzt. Der stärkere Stabdurchmesser gibt keine besondere Abweichung. Die Rille drückt die obere Streckgrenze deutlich herab, ohne die untere zu heben. Abweichend bleibt hier der Einfluß des Glühens, der im Gegensatz zu den Beobachtungen an St 37 und St 48 die obere und untere Streckgrenze wesentlich herabdrückt. Es liegt das wohl daran, daß der Si-Stahl unter, die anderen Stähle über dem Umwandlungspunkt gewalzt werden.

Die Flachstäbe 1a bis 2b zeigen wieder die tiefere obere und höhere untere Streckgrenze und die geringe Streuung zwischen oberer und unterer Streckgrenze. Die Ursache hierfür könnte nun einerseits darin zu suchen sein, daß die ungleichmäßigere Spannungsverteilung, die durch das Einspannen in Klemmbacken hervorgerufen werden kann, zum frühzeitigeren Strecken führt. Es ist aber auch möglich, daß dem rechteckigen Querschnitt mit seiner Anhäufung der Spannungen in den Ecken allein diese Wirkung zuzusprechen ist.

Ermittlung des besonderen Einflusses der Querschnittform

Ein Versuch gab hierüber eindeutig Auskunft. Es wurde aus einem Rundstab, Abb. 18, ein Flachstab herausgearbeitet, der noch die Rundstabköpfe trug, so daß gleichmäßige Lastverteilung gewährleistet war. Die für St 48 und Si-Stahl durchgeführten Versuche ergaben die in Zahlentafel 5 angegebenen Werte.

Zahlentafel 5. Zerreißversuche an einem Flachrundstab nach Abb. 18

Stahl	Obere Streckgrenze kg/mm²	Untere Streckgrenze kg/mm²	Bemerkungen
St 48	32,5	32,5	Flachrund-
St 48	33,4	32,5	stäbe
Si-Stahl	37,4	37,4	nach Abb. 18
Si-Stahl	36,9	35,9	

Eine Steigerung der oberen Streckgrenze gegenüber den Werten des gewöhnlichen Flachstabs war demnach durch die bessere Kopfform nicht zu erreichen. Die Stäbe rissen in der Mitte. Es ist also anzunehmen, daß der Querschnitt den maßgebendsten Einfluß auf die Lage der oberen Streckgrenze ausübt und daß alle andern Einwirkungen dahinter zurücktreten. Wir dürfen daher bei einer am Flachstab ermittelten Streckgrenze die Überzeugung haben, daß die ungünstigsten Betriebsbedingungen erfaßt sind und daß wir unbedenklich mit der an diesem Stab ermittelten Spannung auch den Werkstoff allgemein bewerten können.

Anders liegt die Sache beim Rundstab. Hier ist die günstigste Form des Querschnitts für die Spannungsaufnahme vorhanden, und daher werden wesentlich höhere Werte erreicht, ehe das Strecken — man müßte eigentlich sagen das Zusammenziehen — einsetzt. Die hier ermöglichte höhere Spannung macht natürlich den Werkstoff wieder empfindlicher gegen die Nebeneinflüsse des

Abb. 18
Flachstab aus einem Rundstab herausgearbeitet.

Zugversuchs, die Kopfform, die Zerreißgeschwindigkeit und Ungleichmäßigkeiten im Aufbau, die wieder örtliche Spannungserhöhung bedeuten und damit verfrühte Zusammenziehung herbeiführen. So kann es kommen, daß insbesondere bei Einzelversuchen die obere Streckgrenze als wesentlich stärker streuend und instabiler erscheint, während größere Versuchsreihen, wie sie eingangs beschrieben waren, einen derartigen Wesensunterschied zwischen oberer und unterer Streckgrenze selbst bei hierfür günstigen Versuchsbedingungen nicht mehr erkennen lassen.

Es scheint demnach nicht mehr angebracht, diese hochliegenden Streckgrenzenwerte als überhöhte Werte anzusprechen. Sie sind eben Werte, die dem Werkstoff bei diesem Querschnitt und diesem Aufbau zukommen.

Da die Streckgrenze nach dem Ergebnis dieser und andrer Versuche somit eigentlich zu einer Zusammenziehungsgrenze wird, so ist sie im Gegensatz zur Zugfestigkeit eine Werkstoffeigenschaft, die den Einfluß des Werkstoffaufbaus und des Querschnitts in sich vereinigt. Je mehr sich an hochbeanspruchten Stellen der Querschnitt des Bauteils dem Kreise nähert, desto mehr Sicherheit über den Rechnungswert hinaus wird das Bauwerk haben, sofern der Konstrukteur für seine Berechnungen den am Flachstab ermittelten Streckgrenzenwert zugrunde gelegt hat.

Folgerungen für etwaige Normänderungsvorschläge

Nehmen wir nun zu den eingangs angeführten Forderungen Mosers nochmals Stellung, so ergibt sich für die Bewertung das Folgende:

Es ist ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Rundstab einerseits und Flach- und Profilstäben anderseits zu machen.

Beim Flachstab und Profilstab ergeben sich keine Schwierigkeiten beim Gebrauch der Streckgrenze, und eine Änderung des Normblattes ist hierfür nicht nötig.

Der Rundstab dagegen ergibt Streckgrenzenwerte, wie sie nur im rundgewalzten oder geschmiedeten Konstruktionsteil vorhanden sind, nicht aber in einem Bauwerk, das aus Flach- oder Profileisen hergestellt ist. Es ist gewiß ratsam, den Zeigerabfall nach erreichter Streckgrenze zu vermerken, weil sein Betrag uns ein Maßstab dafür ist, inwieweit besonders günstige Versuchsverhältnisse eine Streckgrenze ergeben, die nur bei dieser Querschnittsform zu erwarten ist. Entsprechende Hinweise im Normblatt werden nötig sein. Es erscheint aber nicht richtig, den Spannungstiefststand nach erreichter Streckgrenze auf den Anfangsquerschnitt umzurechnen und ihm die Bezeichnung untere Streckgrenze zu verleihen. Der so ermittelte Wert liegt zu niedrig. Man sollte auch grundsätzlich nicht einen Spannungswert, der im plastischen Gebiet ermittelt ist, für die Berechnung von Spannungen verwenden, die der nur elastisch verformte Querschnitt getragen haben kann. [B 1628]

RUNDSCHAU

Abb. 1 und 2. Rohrwalze.

a Antriebwelle *b* Zylinder *c* Zuleitung der Druckflüssigkeit *d* Überwurfmutter *e* Stellschraube *f* Walzbohnengehäuse *g* Walzdorn

Dampfkessel

Einwalzen von Rohren in Kesselbleche

Gelegentlich der Tagung des Allgemeinen Verbandes r Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine am August 1928[1]) wurde kurz über die Ergebnisse der Rohrnwalzversuche[2]) berichtet, die unter Leitung von Prof. oschge und Dir. Rüster bei der Materialprüfstelle s Bayerischen Revisionsvereins im Auftrage des Wasserhrkesselverbandes durchgeführt werden. Die Versuche erden vom Verein deutscher Ingenieure, vom Zentralerband der Preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Verne und von der Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft rch namhafte Geldbeiträge unterstützt.

Zur Durchführung der Versuche dient eine Rohrwalze, bb. 1 und 2, die ermöglicht, den auf den Walzdorn ausübten Druck zu messen und aufzuzeichnen. Abb. 3 zeigt s Eichbild der Vorrichtung; man kann daraus sofort entnehmen, wie groß bei einem bestimmten Druck im Zylinder der Rohrwalze der von den Bohnen auf das Rohr ausgeübte Druck ist. Auch zeigt das Bild, daß von der Kraft zum Vorschieben des Walzdornes nur etwa 18 vH in nutzbaren Druck gegen die Rohrwand umgesetzt werden, während der Rest durch Reibung verloren geht. Die Versuche wurden bis jetzt mit Rohrplatten von 30 mm Wanddicke und mit Rohren von 83 mm äußerem Durchmesser und rd. 3,75 mm Wanddicke durchgeführt. Der Baustoff der Rohrplatten war MI-Flußstahl. Die Rohre waren aus dem gleichen Stoff hergestellt.

[1]) Vergl. den Bericht Z. Bd. 72 (1928) Nr. 34 S. 1197.
[2]) s. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 1088.

Die Versuche wurden mit Rohren und Lochwandungen von verschiedener Oberflächenbeschaffenheit durchgeführt. Bis jetzt sind folgende Versuchsreihen erledigt:

1. Rohr und Rohrlochoberflächen poliert,
2. Rohr und Rohrlochoberflächen rauh gedreht,
3. Rohroberflächen gefeilt,
4. wie 3. mit 10 mm Rohrüberstand.

Das Ergebnis dieser Versuche ist aus Abb. 4 ersichtlich. Danach erreichen die polierten Rohre den Höchstwert der Haftkraft von etwa 2800 kg bei rd. 1200 kg Druck gegen die Rohrwand beim Walzen. Die rauh gedrehten und die gefeilten Rohre mit feingedrehten Rohrlochoberflächen erreichen den Höchstwert der Haftkraft von rd. 7400 kg bei dem gleichen Walzdruck. Die Haftkraft der gefeilten Rohre mit 10 mm Überstand beträgt rd. 11 700 kg. Der Höchstwert der Haftkraft wurde bei dieser Versuchsreihe jedoch nicht ermittelt.

Die Haftkraft steigt proportional der Blechdicke, Abb. 5, auch bei den Rohren mit gefeilter Oberfläche und bei feingedrehter Lochleibung.

Bei den polierten Rohren wurde die Verbindung bei 36 bis 60 at undicht. Dabei wurde weder der Rohr-, noch der Plattenbaustoff erkennbar verformt. Bei den rauh gedrehten und gefeilten Rohren mußte man dagegen den Rohrbaustoff so stark verformen, daß er über die Rohrplatte heraustrat, um genügende Dichtheit zu erreichen.

Bei allen Versuchen wurden bleibende Verformungen im Baustoff der Platten nur in unmittelbarer Nähe des Rohrloches festgestellt. Dagegen war die elastische Formänderung auch noch in einer Entfernung vom Rohrloch zu erkennen, die etwa ⅕ des Rohrlochdurchmessers beträgt.
[M 1937] Rs.

Abb. 3
Kraftumsetzung in der umlaufenden Rohrwalze.
a eingeleitete Kraft
b Gesamtreibung
c Bohnenreibung
d Kolbenreibung

Abb. 4
Haftfestigkeit, abhängig vom Walzdruck.
a Druck gegen die Rohrwand
b polierte Oberflächen
c Rohr um Flanschloch, rauh gedreht
d Rohr gefeilt, Flanschloch fein gedreht
e Rohre mit 10 mm Überstand eingewalzt

Abb. 5
Abhängigkeit der Haftkraft von der Blechdicke.
a Oberflächen poliert
b Rohr gefeilt, Lochleibung fein gedreht
c mit 10 mm Überstand eingewalzt

Werkstoffe

Veredelungsversuche an Elektronlegierungen

Über Veredelungsversuche an sechs Elektronlegierungen der I. G. Farbenindustrie A.-G., Bitterfeld, die außer Magnesium als Hauptbestandteil als wesentliche Legierungszusätze Aluminium oder Zink oder beide Metalle gleichzeitig enthalten, berichtet K. L. Meißner[1]). Die Veredelungsversuche an diesen Legierungen gründen sich auf sorgfältige Untersuchungen der magnesiumreichen Teile der Zustandschaubilder der Magnesium-Aluminium- und der Magnesium-Zinklegierungen. Nach diesen Untersuchungen, die in der Versuchsanstalt der I. G. Farbenindustrie[2]) in Bitterfeld ausgeführt worden sind, besteht bei beiden Legierungssystemen eine begrenzte und mit sinkender Temperatur abnehmende Löslichkeit des betreffenden Zusatzmetalles im festen Magnesium. Beim System Magnesium-Aluminium beträgt die Löslichkeit bei der eutektischen Temperatur von 436 °C etwa 11 vH Al, sie sinkt bei Zimmertemperatur auf etwa 7,5 vH. Bei den Magnesium-Zinklegierungen geht die Löslichkeit von etwa 6 vH Zn bei der eutektischen Temperatur von 344 °C auf etwa 1,8 vH bei Zimmertemperatur zurück. Nach den allgemeinen Vorstellungen über die Vergütbarkeit von Legierungen durch Wärmebehandlung mit anschließendem Altern bei gewöhnlicher oder bei erhöhter Temperatur war eine Veredelung, wenn überhaupt, nur in dem Bereich der mit der Temperatur abnehmenden Löslichkeit zu erwarten.

Die Untersuchung erstreckte sich auf drei Legierungen mit Zusätzen von Aluminium im Betrage von 10,6, 7 und 5 vH Al, bezeichnet als V1, A7 und A5; ferner auf eine Legierung Z3 mit 3 vH Zn und schließlich auf zwei Legierungen mit gleichzeitigem Gehalt an Aluminium und Zink. Von diesen enthielt die eine 2 vH Al und 4 vH Zn (Legierung AZM), die andre 5,5 vH Al und 1 vH Zn (Legierung AZ 551).

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß Proben der einzelnen Legierungen dicht unterhalb der Soliduskurve des betreffenden Legierungssystems meist 1 h lang im elektrischen Ofen ausgeglüht und in Wasser abgeschreckt wurden. Danach wurde die Brinellhärte unmittelbar nach dem Abschrecken und nach fünftägigem Lagern bei Zimmertemperatur bestimmt. Außer diesen Versuchen, die nur bei den Legierungen V1 und AZM eine geringe Erhöhung der Härte um 2,5 Brinelleinheiten ergaben, wurden Versuche mit künstlicher Alterung bei 50 bis 200 °C bei Alterungszeiten von 8, 16, 24 und 40 h ausgeführt. Nach Feststellung derjenigen Alterungsbehandlung, die für die einzelnen Legierungen die größte Härtesteigerung ergeben hatte, wurden ferner noch Zerreißversuche an Proben ausgeführt, die teils unmittelbar nach dem Abschrecken, teils nach Anwendung der wirksamsten Alterungsbehandlung zerrissen wurden.

Von den drei Legierungen des Systems Magnesium-Aluminium ergab die Legierung V1 mit 10,6 vH Al, wie nach ihrer Zusammensetzung zu erwarten war, die stärkste Veredelung, Abb. 6. Ähnlich wie bei den durch künstliche Alterung vergütbaren Aluminiumlegierungen ist auch aus den Kurven der Legierung V1 der Zusammenhang zwischen der Alterungstemperatur und der Alterungsdauer zu erkennen, dergestalt, daß sich der Einfluß der künstlichen Alterung bei umso niedrigeren Temperaturen bemerkbar macht, je größer die Alterungsdauer ist. Mit zunehmender Alterungsdauer verschiebt sich der Höchstwert der Brinellhärte, der bei 8 h offenbar noch oberhalb von 200 °C zu suchen ist, zu immer niedrigeren Temperaturen; er wird bei 40 h bereits bei 150 °C erreicht.

[1]) „Luftfahrtforschung" Bd. 1 Heft 3; 93. Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt; vorgetragen auf der Herbsttagung des Institute of Metals in Derby am 8. Sept. 1927.

[2]) W. Schmidt. Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 452.

Abb. 6
Veredelungsversuche an der Elektronlegierung V1.

Von den beiden anderen Magnesium-Aluminiumlegierungen mit 7 und 5 vH Al zeigte die Legierung A7 auffallenderweise gleichfalls noch eine gewisse Veredelung, die im Höchstfalle einer Härtesteigerung von 11 bis 12 vH entsprach. Dieses Ergebnis war aus dem Grunde auffallend, weil nach der oben erwähnten Untersuchung über den Verlauf der Entmischungskurve nicht nur die Legierung mit 5, sondern auch die mit 7 vH Al noch im Gebiet der homogenen festen Lösung auch bei Zimmertemperatur liegt. Die Ursache dafür, daß bei dieser Legierung trotzdem noch eine gewisse Veredelung zu beobachten war, dürfte in der besonders großen Diffusionsträgheit der Magnesiumlegierungen zu suchen sein.

Nach Glühversuchen, die in der Versuchsanstalt der I. G.-Farbenindustrie ausgeführt worden sind, ist es außerordentlich schwer, eine Magnesium-Aluminiumlegierung mit z. B. 7 vH Al in vollkommen homogenem Zustande zu erhalten. Es kommt nämlich vor, daß beim Ausglühen einige Magnesiumkristalle beim Auflösen von Komplexen heterogener Al_3Mg_4-Kristalle bis zur Sättigungsgrenze bei der betreffenden Glühtemperatur, also z. B. bis zu 11 vH Al in sich aufnehmen. Sie sind dann an Aluminium gesättigt und vermögen, da infolge zu großer Diffusionsträgheit ein Konzentrationsausgleich mit den noch ungesättigten Nachbarkristallen nicht stattfindet, kein weiteres Aluminium mehr aufzunehmen. Die Folge davon ist, daß die Legierung auch nach längerem Glühen Kristalle von sehr verschiedener Zusammensetzung enthält, wobei ein Teil die zur Veredelung erforderliche Menge Aluminium (zwischen 11 und 7,5 vH) aufweist. Man kann sich unschwer vorstellen, daß eine solche Legierung vermöge der Kristalle, die einen die Gesamtkonzentration übersteigenden Gehalt an Aluminium haben, eine gewisse Veredelungswirkung erkennen lassen wird, die ausbleiben würde, wenn völliges Gleichgewicht beim Glühen erhalten worden wäre.

Die Legierung des Systems Aluminium-Zink, die 3 vH Zn enthaltende Legierung Z3, zeigte gleichfalls eine Veredelung durch künstliche Alterung, die im Höchstfalle etwa 12 bis 13 vH betrug. Der Zinkgehalt liegt innerhalb der mit der Temperatur abnehmenden Löslichkeit im Magnesium.

Von den beiden Legierungen, die Aluminium und Zink gleichzeitig enthalten, ließ sich nur die Legierung AZM in stärkerem Maße veredeln, Abb. 7. Ihre Veredelung blieb jedoch noch hinter der der Legierung V1 zurück. Dagegen war bei der Legierung AZ 551, deren Aluminium- und Zinkgehalt noch zu gering ist, so daß die Zusammensetzung noch im Bereich der homogenen festen Lösung liegt, keinerlei Veredelung zu beobachten.

Zusammenfassend hat sich also bei der Untersuchung ergeben, daß Elektronlegierungen in ähnlicher Weise wie gewisse Aluminiumlegierungen durch Zusätze von Aluminium oder Zink oder beiden gleichzeitig bei geeigneter Zusammensetzung durch Ausglühen bei höheren Temperaturen mit nachfolgendem Abschrecken und künstlichem Altern in nicht unbeträchtlichem Maße vergütbar sind.

[M 1758] Dr.-Ing. K. L. Meißner

Abb. 7
Veredelungsversuche an der Elektronlegierung AZM.

Hebezeuge

Glasgießkran

Große Glasplatten zur Erzeugung von Spiegelglas werden ausschließlich durch Auswalzen der zähflüssigen Glasmasse hergestellt. Während das bisher übliche Verfahren mit einer Walze arbeitet, die das Gut auf einem festen Tisch

gewünschten Dicke, je-
h nicht unter 11,5 mm,
breitet, benutzt das Ver-
ren Bicheroux, das be-
tend geringere Platten-
ken zu erreichen ge-
tet, zwei gegeneinander
fende Walzen, denen die
melze von einem Auf-
megefäß gleitend zuge-
et wird, und die das aus-
valzte Gut über eine
rägbahn auf wandernde
legetische abgeben. Diese
ngen so das entstehende
sband, nachdem es durch
Trennmesser am Fuß
Schrägbahn in entspre-
nde Platten geteilt ist,
h dem Kühlofen, in
die langsame Abküh-
g auf etwa 30° vorge-
nmen wird.
um Schmelzen des Gla-
im Ofen und für die
uhr der flüssigen Glas-
sse verwendet man große
fen, Gießpfannen von
a 1 m³ Inhalt, die in
Gießhalle durch Son-
krane mit für diesen Zweck ausgebildeten Sonder-
längen bewegt und in die Aufnahmegefäße ausgekippt
rden. Dabei muß, wenn ein Werfen der Glasmasse
damit Einschließen von Luft vermieden werden
, die Ausgußhöhe möglichst gering gewählt, also der
dere Rand der Gießpfanne möglichst nahe und tief an
Walzenmulde herangebracht werden. Zu diesem Zweck
man die Einrichtung so getroffen, daß die Drehachse
Hafens beim Entleeren mit der Überlaufkante zusam-
nfällt und daß dieser nach einem gewissen Vorkippen
nell entleert werden kann, während gleichzeitig der Auf-
tisch etwas angehoben wird. Ein seitliches Verschieben
Hafens während des Kippens kommt dabei nicht in
ge, da sich die Glasmasse von selbst in der Walzenmulde
ügend ausbreitet.

Der in Abb. 8 dargestellte Demag-Glasgießkran, dessen
rbahn 5 m über Flur verlegt ist, hat etwa 13 m Spann-
ite und 4,5 t Tragkraft an der Zange.

Zum Fahrantrieb dient ein 12,78 PS-Motor, der 50 m/min
rgeschwindigkeit ermöglicht. Der Kranträger ist in der
ichen Weise als Fachwerkträger ausgebildet, mit fest an-
rachtem Führerkorb, der so angeordnet ist, daß der
hrer die Überlaufkante des Hafens gut beobachten kann.
hier aus werden sämtliche zum Befördern und Kippen
Hafens notwendigen Bewegungen gesteuert, mit Aus-
me des Festziehens der Zangen beim Erfassen der Gieß-
nne, wofür ein besonderer Mann auf Flur erforderlich
Die auf dem Obergurt des Trägers fahrende Laufkatze
40 m/min Geschwindigkeit bei 8,9 PS Motorleistung. Um
es Pendeln der Last einwandfrei zu vermeiden, ist die
tze mit einem starren Rahmen ausgerüstet, in dem das
entliche Lastgehänge mittels nachstellbarer Rollen ge-
rt ist. Die Hubgeschwindigkeit beträgt 10 m/min, wozu
Motor von 34,7 PS erforderlich ist; zum Kippen der
ßpfanne um 135° braucht man etwa 6 s. Die größte
he, bis zu der die Pfanne gehoben werden kann, beträgt
nach Größe der Pfanne etwa 2,75 bis 3 m über Flur.

Der Antrieb von Hub- und Kippwerk geschieht über
nrad- und Schneckengetriebe durch Gallsche Ketten; die
den Endstellungen dieser Windwerke werden durch End-
schalter gesichert. Außerdem ist noch ein beson-
er, der Tragkraft des Krans entsprechender Hebequer-
ken vorgesehen, der es ermöglicht, den Kran auch zu
ern Arbeiten, Montage usw., heranzuziehen. [M 1593]

Abb. 8
Glasgießkran mit 13 m Spannweite und 4,5 t Tragkraft an der Zange,
erbaut von der Demag, Aktiengesellschaft.

Chemische Industrie

Die Fabrikation der Dachpappe[1])

Der in jüngster Zeit neu entfesselte Streit um Bauform
Dachform hat ein regeres Interesse für den Baustoff
hgerufen, der der Idee des flachen Daches seine Ent-
ung verdankt, nämlich für die Dachpappe. Die Dach-
pe läßt sich in ihren Vorläufern bis gegen das Ende
18. Jahrhunderts verfolgen; als Teerdachpappe ist sie
2 vom Freiberger Professor A. W. Lampadius er-
len und geschaffen worden. Eine größere Ausbreitung
sie zunächst in Schweden, von wo sie Mitte des vorigen
Jahrhunderts wieder nach Deutschland eingeführt wurde.
Die Abmessungen, Formen, Herstellungsverfahren haben seit
jener Zeit vielfach gewechselt; die Rohstoffe und die Grund-
züge der Herstellung sind die gleichen geblieben. Heute
gibt es im wesentlichen zwei Hauptgruppen von Dach-
pappen: die Teerdachpappen und die teerfreien
Dachpappen.

Teerdachpappe

Die Teerdachpappe wird aus Rohpappe hergestellt.
Diese besteht aus Lumpen, Abfällen aus der Textilindustrie
und Altpapier. Sie wird auf einer der Papiermaschine nach-
gebildeten Maschine erzeugt und in großen Rollen geliefert.

Die Tränkmasse für Teerdachpappe wird
entweder durch Destillation von Steinkohlenrohteer oder
durch Verschmelzen von Steinkohlenteerpech mit destil-
liertem oder aufgearbeitetem Steinkohlenteer gewonnen.
Ein Zusatz von asphaltischem Bitumen zur Tränkmasse ist
gestattet, die Verwendung von paraffinischen Bitumina und
Braunkohlenteer ist für genormte Teerdachpappe nicht zu-
gelassen.

Der zur Bestreuung der Teerdachpappe
verwendete Sand muß trocken, scharfkörnig und staubfrei
sein. Die Tränkmasse hat den Zweck, die Teerdachpappe
wasserabweisend zu machen, die Besandung verfolgt das
Ziel, das Zusammenkleben der Pappe und das Abtropfen
von überschüssiger Masse zu verhindern und durch die Be-
schwerung der Pappe Sturmschäden vorzubeugen. Für Son-
derzwecke wird statt Sand auch Kies, farbiges Gestein, Asche,
Sägemehl, Torf, Hochofenschlacke, Infusorienerde, Kork-
mehl u. a. zur Bestreuung verwendet.

Teerfreie Dachpappe

Teerfreie Dachpappe gewinnt man durch Tränken von
Wollfilzpappe mit einer Tränkmasse, die im wesentlichen
aus asphaltischen Bitumina hergestellt wird. Die Dach-
pappe erhält dann einen beiderseits deckenden Überzug aus
einer Deckmasse, deren Hauptbestandteil auch asphaltisches
Bitumen ist, und wird mit Talkum bestreut.

Wollfilzpappe besteht aus den gleichen Roh-
stoffen wie Rohpappe. Die Auswahl und die Zusammen-
setzung der Lumpen ist jedoch verschieden. Allgemein soll
die Wollfilzpappe einen höheren Gehalt an Wollumpen
haben. Auch sie wird auf der Rohpappenmaschine herge-
stellt und in großen Rollen von mehreren 100 m Länge an-
geliefert.

Die Tränkmasse besteht in der Hauptsache aus
asphaltischen Bitumina weicherer Konsistenz. Ein Zusatz
von Stearinpech oder Wollfettpech ist zweckmäßig; paraffi-
nische Bitumina dürfen aber nicht verwendet werden.
Im Gegensatz zur Teerdachpappe, deren Überzug- und Tränk-
masse die gleiche ist, ist die Deckmasse der teerfreien Dach-
pappe verschieden von der Tränkmasse. Die Deckmasse be-
steht im wesentlichen auch aus asphaltischen Bitumina, je-
doch von höherem Erweichungspunkt. Im allgemeinen werden
nur sogenannte oxydierte, d. h. geblasene asphaltische Bitu-
mina gewählt. Zusätze von Stearinpech, Wollfett und Woll-
fettpech sind zweckmäßig, Zusatz von Asphaltiten wün-
schenswert; paraffinische Bitumina müssen auch hier von
der Verwendung ausgeschlossen sein. Die Tränkmasse der

[1]) Vergl. Bücherschau Nr. 31 S. 1102 dieser Zeitschrift.

Abb. 9
Herstellung teerfreier Dachpappe.

a Abrollvorrichtung für Rohpappe
b Heftvorrichtung
c Zubringerwalze
d Tränkvorrichtung
e Ausdrehwalzen
f Kühlvorrichtung
g Tauchpfanne für Deckmasse
h Ausdrehwalzen
i Behälter für Deckmasse
k Talkumstreuer
l Leitrollen
m Kühl- und Zugwalzen
n Aufwickelvorrichtung

teerfreien Pappe dringt vermöge ihrer weicheren Beschaffenheit tief und vollständig in die Pappe ein. Die Deckmasse hat die Aufgabe, einen lückenlosen Überzug zu schaffen, der wasserabweisend wirkt und durch die Einflüsse der Witterung keine Veränderungen erleidet.

Zur Bestreuung der teerfreien Dachpappe ist das Glimmertalkum gebräuchlich. Dies verhindert nicht nur das Zusammenkleben der Rollen, sondern gibt der Pappe auch das angenehme Äußere. Seltener wird Talkum, Infusorienerde, feiner Sand, gebrochener Naturstein, Asche, Schiefermehl oder ähnliches verwendet.

Herstellungsverfahren

Die Herstellungsweise der Teerdachpappe und der teerfreien Dachpappe ist verschieden, wenn sich auch die einzelnen Verfahren, sowie die Vorrichtungen schon sehr weit genähert haben. Für die Herstellung der Teerdachpappe sind zwei Verfahren bekannt und üblich, das fortlaufende und das unterbrochene Verfahren. Die Hauptaufgabe der Herstellung ist, Rohpappe mit Tränkmasse zu durchtränken und zu überziehen, die getränkte und überzogene Pappe mit Sand zu bestreuen, und nach Auskühlung zu Rollen aufzuwickeln.

Nach dem unterbrochenen Verfahren, das das ältere ist, wird die Rohpappe von einer Abrollvorrichtung zweckmäßig nach Durchleiten durch einen Vortrockner in die mit Tränkmasse gefüllte erhitzte Tränkpfanne geführt. Die am weitesten verbreitete Pfanne ist halbkreisförmig und enthält 4 bis 6 sternförmig um eine Hauptachse angeordnete Eindrehwalzen zum Aufnehmen der Rohpappe. Auf jede dieser Eindrehwalzen wird eine Rohpappenrolle mechanisch aufgewickelt; die bewickelte Walze wird dann durch Drehen des Sternes zur Durchtränkung der Rohpappe in die Pfanne versenkt. Die durchtränkte Pappe wird durch ein Paar Ausdrehwalzen, die die überschüssige Masse abstreifen, aus der Pfanne herausgefördert. Dann wird sie durch eine Sandstreuvorrichtung geführt und aufgewickelt. Zum Abkühlen und Nachbesanden wird sie vielfach auf Stapel gelegt, d. h. wieder ausgerollt und nachbesandet, und nach Auskühlen mit einer Wickelvorrichtung vom Stapel weg aufgewickelt.

Das fortlaufende Verfahren verwendet nur sogenannte Durchzugpfannen, das sind Tränkpfannen, in denen Leitrollen und Wende- und Kehrwalzen den Weg der Pappe durch die Tränkpfanne bestimmen. In dieser Pfanne ist das Lagern der Pappe in der Tränkmasse nicht notwendig, sondern die Durchtränkung erfolgt während des Durchleitens der Pappe. Nach dem Durchgang durch die Ausdrehwalzen wird die Pappe zur beiderseitigen Besandung einer Streuvorrichtung zugeführt, an die sich Kühlvorrichtungen verschiedener Art und schließlich die Aufwickelvorrichtung schließen. Vor der Tränkpfanne ist eine Heftmaschine eingebaut, der die einzelnen Rohpappenrollen untereinander verbindet.

Bei der Herstellung der teerfreien Pappe, Abb. 9, wird die Wollfilzpappe mit Tränkmasse durchtränkt, dann mit Deckmasse beiderseits überzogen, beiderseits bestreut und nach Auskühlung zu Rollen aufgewickelt. Die Wollfilzpappe wird von einem Abrollbock durch eine Trockenvorrichtung der mit heißer Tränkmasse gefüllten Tränkpfanne (Durchzugsystem) zugeführt. An die Ausdrehwalzen schließt sich eine Kühlvorrichtung und weiterhin zum Aufbringen der heißen zähflüssigen Deckmasse entweder eine Tauchpfanne, wenn der Überzug durch Tauchen der getränkten Wollfilzpappe gegeben werden soll, oder eine Aufguß-Unterwalzvorrichtung, bei der die Deckschicht der oberen Seite durch Aufgießen, die der unteren Seite durch Aufwalzen aufgebracht und durch das Walzenpaar die Dicke der Deckschicht geregelt wird. Dann folgt die Bestreuung und nach ihr eine Kühlvorrichtung, die die teerfreie Pappe so weit zu kühlen hat, daß das Aufwickeln ohne Gefahr des Zusammenklebens der Rollen sofort vorgenommen werden kann. Natürlich darf eine Heftvorrichtung zum Heften der einzelnen Wollfilzpapprollen nicht fehlen.

Die Dachpappe wird ihrer Bezeichnung entsprechend hauptsächlich zum Eindecken von Dächern verwendet. Ein großes Anwendungsgebiet ist ihr außerdem bei der Herstellung von Grundmauerisolierungen, Brücken-, Gewölbe- und Balkonabdeckungen und Grundwasserdichtungen erschlossen. Weiter dient sie zu Verpackungszwecken, als Fußbodenbelag, zur Steigerung der Ernteerträge als Bodenpappe in der Landwirtschaft usw.

Die Bedeutung, die die Dachpappe als Baustoff gewonnen hat, erhellt am besten aus der jährlichen Erzeugung. Man schätzt, daß im Jahre 1924 rd. 22 000 t Rohpappe auf Teerdachpappe verarbeitet wurden, was einer

Abb. 10
Funkenstrecke des Dollinger-Verfahrens.

a Luftverdichter
b Druckluftkessel
c Bleichlufterzeuger
d elektrische Zuleitungen
e Gehäuse für den Lichtbogen
f Mehlförderschnecke
g Bleichluft
h Regler

Abb. 11
Anordnung der Dollinger-Apparatur

Abb. 12
Mehlverbesserungsanlage für eine Mühle mit einer Leistung bis zu 750 Doppelzentnern Mehl in 24 h. Oben Schalttafel, unten Windkessel und Drucklufterzeuger, Dollinger-Apparat mit Regelventil, Rohrleitung für die Behandlungsluft zur Mehlschnecke.

läche von rd. 65 Mill. m² entsprechen würde[2]). Hierzu ommen noch rd. 10 000 t Wollfilzpappe, die rd. 30 Mill. m² erfreier Dachpappe entsprechen, so daß die Gesamterzeu- ıng mit nahezu 100 Mill. m² Dachpappe jährlich angesetzt erden kann. [M 1716] D.

[2]) Festschrift des Verbandes Deutscher Dachpappenfabrikanten, ovember 1926; A. Malchow, Die Geschichte der Teerdachpappe, alle 1928.

Verfahren zur Mehlverbesserung

Die Preise der Getreidemischungen richten sich im esentlichen nach der Backfähigkeit und nach der Farbe es Mehles. Kann man beide ohne viel Mühe verbessern, kann man nicht nur höheren Gewinn erzielen, sondern or allem auch das Getreide viel weiter ausmahlen als bis- er. Das Dollinger-Verfahren der Brabender Elektro- aschinen-G. m. b. H., Duisburg, erreicht diese Verbesserung it Hilfe des elektrischen Flammenbogens.

Das Wesen dieses Verfahrens besteht darin, daß man it Hilfe eines elektrischen Flammenbogens, Abb. 10, durch n ein Luftstrom geblasen wird, wie beim Birkeland-Ver- hren Stickoxyd (NO) erzeugt, das leicht seinen Sauer- off zu oxydierender Wirkung abgibt. Außerdem bildet ch noch Ozon. Zwar geht der im Getreidefett enthaltene arbstoff, das Karotin ($C_{46}H_{56}$) bereits bei längerem Lagern urch Aufnahme von Luftsauerstoff von selbst in das farb- se Karotin-Oxyd über (Alterung). Diese gleiche oxydie-

Abb. 13
Die beiden Möglichkeiten zur Anbringung des Dollinger-Gerätes an einer Mühle mit liegender Mischmaschine.
a Mischkammer *b* Zuführschnecke *c* Abführschnecke
d Höhenförderer *e* Einfülltrichter *f* Füllkanal
g Mischschnecken

Abb. 14
Wirkung des Dollinger-Verfahrens auf Weizenmehl (65 vH), hergestellt aus Inlandweizen (70 vH) und amerikanischem Weizen (30 vH). Links Brot aus unbehandeltem Mehl, rechts Brot aus behandeltem Mehl (Volumenzunahme 11 vH).

Abb. 15
Oszillogramm einer gewöhnlichen Bleicheinrichtung

Abb. 16
Oszillogramm der Spannungskurve vor der Dollinger-Funkenstrecke

rende Wirkung läßt sich mit dem Stickoxyd in ganz kurzer Zeit erzielen, wenn man einen Mehlstrom mit einem Stickoxydstrom zusammenbringt.

Den Aufbau der Dollinger-Geräte zeigen Abb. 11 und 12. Die sogenannte Bleichluft (stickoxydhaltige Luft) wird entweder in eine Mehlschnecke wie in Abb. 13, Möglichkeit I, oder unmittelbar in die Mischkammer eingeblasen, Möglichkeit II.

Abb. 14 zeigt deutlich die Wirkung des Verfahrens auf Mehl mit 65 vH Ausmahlung. Mit der Aufhellung des Mehles, die, rein äußerlich, aber von entscheidender Bedeutung für den Handelswert der Mehle ist, geht die Verbesserung der Backfähigkeit Hand in Hand. Zähigkeit und Dehnbarkeit von Teig, der aus dem nach dem Dollinger-Verfahren behandelten Mehl hergestellt wurde, sind wesentlich erhöht. Bei Roggenmehl betrug die Erhöhung der Backfähigkeit 3 bis 6 vH, bei Weizenmehl 6 bis 12 vH. Ein Mehl von etwa 65 vH Ausmahlung, das man mit diesem Verfahren behandelt, ist einem aus der gleichen Mischung hergestellten Mehl von 60 bis 63 vH Ausmahlung gleichwertig. Der Müller kann daher jetzt seine Mischung ohne Rücksicht auf die Farbe einfach auf höchste Backfähigkeit einstellen.

Ein weiterer Vorzug des Bleichverfahrens kann in der gleichzeitigen Sterilisierung des Mehles durch den Ozon erblickt werden. Jene Enzyme, die bei längerer Lagerung des Mehles mangelnde Backfähigkeit, Zerlegung des Fettes und Abbau der Eiweißkörper bewirken, werden gelähmt und kommen nicht zur Wirkung. So kann das gebleichte Mehl beliebig lange Zeit lagern, ohne daß man ein Verderben befürchten muß. Die Lähmung hört jedoch bei der Teigbereitung, also beim Hinzutreten von Flüssigkeit, sofort auf.

Bereits seit 1906 kennt man ähnliche Verfahren zur Mehlverbesserung. Ihnen gegenüber zeigt das Dollinger-Verfahren eine beabsichtigte starke Verzerrung der Sinuslinie im Oszillogramm, Abb. 15 und 16. Bei der Ausbildung des neuen Verfahrens war man sich bewußt, daß der elektrische Lichtbogen drei verschiedene Zonen hat: Die erste Zone dient zur Stromleitung, in der zweiten wird das Stickoxyd erzeugt und in der dritten wird es in unerwünschter Weise teilweise wieder zerlegt.

Zum Betrieb dieser Geräte werden nur reine Luft und elektrische Energie gebraucht. Mit 1 kWh kann man etwa 5000 bis 6000 kg Mehl behandeln. Die Luftpumpe verbraucht im Mittel etwa 0,2 PS Leistung. Die Einrichtung wird für die stündliche Behandlung von 3, 10 und 20 Sack Mehl (je 100 kg) gebaut. Angeblich arbeitet heute der größte Teil aller deutschen und mitteleuropäischen Großmühlen nach dem neuen Verfahren. [M 1711]

Aachen Geisler

Neuere Forschungen über mechanische Schwingungen

Zu dem Bericht von W. Hort in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 32 S. 1118 ist noch nachzutragen, daß der auf S. 1121 r. Sp. besprochene Vortrag von H. Schieferstein über „schwingende, Leistung übertragende Arbeitsmaschinen" inzwischen in der Zeitschrift „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) Heft 16 S. 749 erschienen ist. [N 1968]

Kleine Mitteilungen

Abb. 1 und **2**
Biegen eines Kegelradringes auf der Ajax-Schmiedemaschine.

Schmieden von Kegelradringen

Die großen Kegelräder für den Antrieb der Hinterachse des neuen Ford-Wagens werden nicht mehr, wie bisher allgemein üblich war, aus einem Gesenkschmiedestück hergestellt. Vielmehr wird ein Stück Flachstahl, das in der notwendigen Länge abgeschnitten worden ist, auf einer Ajax-Schmiedemaschine selbsttätig zu einem Ring gebogen, dessen Fuge geschweißt wird. Diese Ringe werden dann abgedreht und mit der Verzahnung versehen. Das Verfahren ist wegen der großen Ersparnis an Stahl wesentlich billiger als das übliche Verfahren. Abb. 1 und 2 zeigen den Vorgang beim Schmieden des Ringes. („American Machinist" 18. August 1928 S. 61/66.) [M 1962 a] H.

Neuzeitliche Kokereianlage

Eine der größten und neuzeitlichsten Kokereianlagen Englands ist die der South Yorkshire Chemical Works, Parkgate bei Rotherham. Die Anlage umfaßt 60 Semet-Solvay-Öfen und eine vollständige Anlage zur Gewinnung der Nebenprodukte für das Verkoken von 6000 t Kohle in einer Woche. Die über den Öfen liegenden Bunker werden z. T. durch einen Förderer mit 100 t/h Leistung von der Kohlenwäsche, z. T. durch ein Becherwerk mit 90 t/h Leistung unmittelbar vom Eisenbahnwagen beschickt. Die aus Eisenbeton erbauten Bunker fassen je 2000 t Kohlen und haben je 12 zu der Beschickmaschine führende Auslässe.

Die Öfen sind 3835 mm hoch, im Mittel 457 mm breit, von Beschicktür bis Ausstoßtür 10 973 mm lang und in Abständen von 1612 mm in einer Reihe gebaut. Aus den Destillationsgasen werden Teer, Ammoniak und Benzol gewonnen. Während eines sich über 37 Tage erstreckenden Dauerversuches wurden insgesamt 2818 Ofenfüllungen verkokt und dabei aus 31 865 t Kohle 22 640 t Koks und Grieß gewonnen. Dabei ergab 1 t trockne Kohle rd. 300 m³ Gas, wovon wieder für die Verkokung von 1 t Kohle 127,6 m³ gebraucht wurden. An Nebenerzeugnissen wurden bei einer Ausbeute von 99,72 vH 54 152 kg Teer, bei einer Ausbeute von 99,39 vH 3582,5 kg Ammoniak und bei einer Ausbeute von 93,36 vH rd. 14 385 l Benzol erzeugt. („The Engineer" 17. August 1928 S. 169*.) [N 1962 b] Schr.

Schwere 1 D 2-Lokomotiven für die Boston & Maine-Bahn

Die Boston & Maine-Eisenbahn stellt jetzt zwanzig 1 D 2-Lokomotiven mit Zusatzmaschine (booster) in den Dienst, die besonders für die Beförderung von schweren Eilgüterzügen geeignet sein sollen. Diese Lokomotiven, die von den Lima Locomotive Works gebaut worden sind, haben rd. 180 t Dienstgewicht. Die Anfahrzugkraft beträgt 31 300 kg, mit Zusatzmaschine 36 700 kg. Jede Lokomotive hat 651,8 m² Gesamtheizfläche, wovon 190 m² auf den Coffin-Überhitzer entfallen und 9 m² Rostfläche. Güterzüge sollen später, nach Fertigstellung genügend fester Brücken, von diesen Lokomotiven ohne Aufenthalt von Mechanicsville, N. Y., nach Portland, Me., befördert werden. Diese etwa 480 km lange Strecke hat mehrere krümmungsreiche Steigungen, darunter eine 20 km lange Steigung von 12,2 vT. („Railway Age" 28. Juli 1928 S. 144/6*.) [N 1962 c] Gsl.

Schwere Schienen auf amerikanischen Eisenbahnen

Die ständige Erhöhung der Achsdrücke, Zugkräfte und Fahrgeschwindigkeiten der Lokomotiven — in Amerika gibt es heute Lokomotiven von 120 t Reibgewicht und 32 t Treibachsdruck — erfordern naturgemäß auch schwerere Schienen. Eine Umfrage bei den bedeutendsten Eisenbahnen der Vereinigten Staaten und Kanadas hatte folgendes Ergebnis: Es sind, soweit festgestellt werden konnte, eingebaut auf

100 000	km Eisenbahnstrecken	Schienen	von	62 bis 66 kg/m
100 000	„	„	„	54 „
120 000	„	„	„	49 „
22 500	„	„	„	45 „
4 600	„	„	„	42 „

Die Verstärkung der Schienen erforderte wohl höhere Anlagekosten, jedoch haben sich die Ausgaben für die Oberbauerhaltung bedeutend verringert; Unfälle, die auf den Gleiszustand zurückzuführen sind, sind ebenfalls seltener geworden. („Railway Age" 4. August 1928 S. 209*.) [N 1962 d] Ro.

Betriebsergebnisse eines Kessels mit Kohlenstaubfeuerung

Bailey und Jensen berichteten auf der Tagung der Western Society of Engineers in Chikago über Erfahrungen mit Kohlenstaubfeuerung im Calumet-Kraftwerk. Der Ende 1926 in Betrieb genommene Kessel hat 26 at Betriebsdruck bei 550 m² Heizfläche. Ein vierstündiger Versuch ergab 131 000 kg/h Dampf oder das Doppelte der Leistungen der 1390 m²-Kessel mit Rostfeuerung desselben Kraftwerks. Dagegen beanspruchen die Kessel mit Kohlenstaubfeuerung um 50 vH mehr Platz als die mit Rostfeuerung.

Der Kessel ist täglich 15 bis 16 Stunden in Betrieb, nach dem Anblasen liefert er in 10 min bereits 45 000 kg/h und bei Inbetriebnahme aus völlig kaltem Zustande in 30 min die volle Dampfleistung. Der beste Gesamtwirkungsgrad von 89 vH liegt bei 72 500 kg/h Leistung. 40 vH der Flugasche werden in den Gruben unter Kessel, Ekonomiser und Luftvorwärmer zurückgehalten, 50 bis 55 vH der Asche bleiben im Rauchgaswäscher zurück. Die Asche in den Gruben besteht gewöhnlich aus Schlacke, die von dem Kühlrost und von den Seitenwänden herunterfließt. Schwierigkeiten er-

ben sich bei Betrieb mit Kentucky-Kohlen, deren Schlacke h an der Hinterwand des Feuerraumes festsetzte und rch Handarbeit entfernt werden mußte.

Die Erhaltungskosten der Feuerung betrugen für je 1 t brannter Kohle nur ¼ der Kosten der Rostfeuerung. Die hle wird von 14,5 vH auf 10 vH, beim Mahlvorgang um itere 1 bis 2 vH getrocknet. Die Kugeln der Mühle muß- nach etwa 350 bis 400 Betriebstunden oder 900 t Mahl- stung erneuert werden. („Power“ 7. August 1928 S. 224*.) [N 1962 e] Le.

bhitzeverwertung in einer Zementfabrik

Im Kraftwerk der Colorado Portland Cement Co. in eitcher dient zur Dampferzeugung ausschließlich die Ab- ze der Drehöfen. Diese werden mit Erdgas beheizt, kön- n aber auch mit Kohlenstaub arbeiten. Die Verbrennungs- t wärmt sich an den heißen Zementklinkern auf 220 ° 280 ° vor, strömt durch einen Staubabscheider und ver- igt sich im Brenner mit dem Erdgas. Die verbrannten se ziehen durch den Ofen entgegengesetzt zu den Klin- rn und kühlen sich dabei von rd. 1550 ° auf 780 ° bis) ° ab. Einen weiteren Teil ihrer Wärme geben sie an ei Kessel mit Ekonomisern ab, gelangen mit 180 ° in die ktrischen Staubabscheider und von dort ins Freie.

Der Dampf wird in einer 5000 kW-Drehstrom-Turbo- namo für 2300 V und 60 Per/s verwertet. Da der mittlere aftbedarf des Werkes nur 3612 kW beträgt, die Kraft- anlage dagegen im Mittel 4400 kW liefert, wird der Über- schuß an das benachbarte Elektrizitätswerk Fort Collins verkauft, nachdem die Spannung in einem 1000 kVA-Trans- formator auf 13 000 V erhöht worden ist. („Power“ 7. August 1928 S. 220*.) [N 1962 f] Le.

Farbige Anstriche von Maschinen

In den Vereinigten Staaten haben trotz aller gegenteili- gen Erwägungen die verschieden getonten Farbanstriche in der Maschinenindustrie zu einer Absatzsteigerung geführt. Schwarz war bisher wegen seiner praktischen Eigenschaften der vorherrschende Farbton. Heute ist er dort, wo der An- strich öl- und wasserfest sein soll, durch Grau verdrängt, das zudem durch verschieden tiefe Tönung sich der Werk- statt anpassen läßt. An sich kann man alle Farben ver- wenden, nur müssen bei der Wahl technische und psycho- logische Erwägungen angestellt werden. Mit dem Aufkom- men der Nitro-Zellulose-Lacke ist es auch möglich gewor- den, ohne großen Zeitverlust den Anstrich in den Arbeits- gang einzugliedern. Die zu streichenden Teile werden, an einem Bande hängend, durch eine Kammer geführt, worin sie entweder in die Farbflüssigkeit getaucht oder mittels der Farbpistole gespritzt werden. Aus der Kammer wandern die Stücke in einen Trockenofen, den sie in weniger als ½ h verlassen. Die Kosten sind im Vergleich zu den sonstigen Ausgaben sehr gering. („American Machinist“ 18. August 1928 S. 55/57*.) [N 1962 g] Hy.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung. Berlin NW 7. Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

röffentlichungen des Zentralverbandes der Preußischen Dampfkesselüberwachungsvereine. 4. Bd. Halle a. d. S. 1928, Selbstverlag. 124 S. mit 14 Abb. Preis 14,75 *RM*.

Der Bericht von Dr.-Ing. E b e l, München-Gladbach, er Feuerungsuntersuchungen mit besonderer Berücksich- ung minderwertiger Steinkohle enthält Versuche, die nach em neuen Verfahren ausgewertet werden. Vor allem rd darauf hingewiesen, daß bei minderwertigen Brenn- ffen hohe Kohlenstoffverluste auftreten, teils in den Rück- nden, teils in Form von Flugkoks oder Ruß, die man be- nten muß. Das Rechenverfahren geht von der tech- chen Rauchgasanalyse aus, die Ergebnisse gestatten, auch rschiedene Feuerungen zu vergleichen.

Dipl.-Ing. E. H e l f r i c h, Essen, zeigt, wie weit man rch K e r b s c h l a g p r o b e n die Eigenschaften der sselbaustoffe und ihr Verhalten im Betrieb prüfen kann. r Bericht behandelt die Entwicklung des Verfahrens, die chtigsten Versuchsbedingungen und die Möglichkeiten der wendung. Dir. J. B r a c h t, Düsseldorf, teilt aus der ifung von Kesselschäden zahlreiche Ergebnisse metallo- phischer, chemischer und Festigkeitsuntersuchungen mit. geht ausführlich auf die Beseitigung von Nietlochrissen Hilfe der Schmelzschweißung ein, die sich gut bewährt . Dr.-Ing. Carl K l ö p f e r, Essen, gibt eine Übersicht er die Beteiligung der Zechen des niederrheinisch-west- ischen Steinkohlenbergbaues an der öffentlichen Strom- rsorgung Rheinland-Westfalens. [E 1821] Pt.

Verwendbarkeit der Röntgenverfahren in der Technik. Von C. K a n t n e r und A. H e r r. Berlin 1928, VDI-Ver- ag. 78 S. mit 107 Abb. Preis 4,50 *RM*, für Mitglieder es V. d. I. 4 *RM*

Es fehlte bisher an einem Handbuch, das die Ergeb- se der Röntgenforschung für die Werkstoffprüfung in er gemeinverständlichen Form und unter besonderer Be- ksichtigung ihrer Verwendbarkeit auch außerhalb des boratoriums zusammenfaßt. Diese Verwendung hat eits großen Umfang angenommen. Das Buch enthält viele regungen zu einem weiteren Ausbau der Verfahren selbst. der Beschreibung der Verfahren ist von theoretischen trachtungen, Formeln und wesensfremden Ableitungen ab- sehen. Die Behandlung schweißtechnischer Fragen inter- sert besonders, weil gerade hier die Röntgenprüfung be- es ihre Brauchbarkeit erwiesen hat.

Im ersten Teil des Buches werden die Verfahren zur nittlung des inneren Aufbaues der metallischen und nicht- allischen Werkstoffe besprochen, im zweiten Teil finden ie Betrachtungen über die chemischen Analysen mit Hilfe e Röntgenspektroskopie, im dritten Teil wird auf die bstrukturuntersuchungen, d. h. auf die Verfahren zur rittlung der inneren Beschaffenheit der Werkstoffe ein- eangen. Hier sind befriedigende Ergebnisse insofern er- eicht worden, als die Grobstrukturverfahren die Prüfung efertigen Stückes auf seine gute oder schlechte Beschaf- fenheit zulassen, ohne daß das fertige Werkstück, wie bei den bisher benutzten Verfahren, zerteilt zu werden braucht. Den Schluß bildet eine Beschreibung der Schutzvorrichtun- gen gegen die schädlichen Wirkungen der Röntgenstrahlen, die besondere Beachtung verdient.

Das handliche Buch kann als willkommenes Nach- schlagewerk bezeichnet werden. Von besonderer Bedeutung wird für den Techniker der zweite Teil des Buches sein, der ausführlicher über die Untersuchung der Metalle, insbeson- dere des Eisens und seiner geschweißten Verbindungen, die neuesten Ergebnisse bringen wird.
[E 1768] A. H i l p e r t

Werkstofftagung Berlin 1927. **Stahl und Eisen als Werkstoff.** Gesammelte Vorträge der Gruppe Stahl und Eisen. Her- ausgeg. vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. Düssel- dorf 1928, Verlag Stahleisen m. b. H. 1. Bd.: Forschung und Prüfung. 69 S. mit Abb. 2. Bd.: Eisen- und Schiffbau — Eisenbahn und Straßenbahn — Blechverarbeitung und Oberflächenbehandlung — Schweißen und Löten. 101 S. m. Abb. 3. Bd.: Heiz- und Kraftanlagen — Landwirtschaft — Maschinenbau — Elektrotechnik. 122 S. m. Abb. 4. Bd.: Bergbau — Fahrzeug- und Flugzeugbau — Werk- zeuge. 102 S. m. Abb. Einzelpreis 6 *RM*, Preis bei Gesamt- bezug der vier Bände 20 *RM*.

Die Werkstofftagung 1927 war in ihren Grundzügen ein Meinungsaustausch zwischen Erzeugern und Verbrauchern. Neben der Werkstoffschau dienten die Werkstoffvorträge der Darstellung vom augenblicklichen Stand unseres Wissens über die Werkstoffe. Es ist für weite Kreise der Erzeuger und Verbraucher von außerordentlichem Wert, daß der Verein deutscher Eisenhüttenleute die bei dieser Gelegen- heit gehaltenen Vorträge in 4 Sammelbänden nieder- gelegt hat.

Der Versuch, einen geschlossenen Überblick über das Gesamtgebiet der Werkstofffragen für Stahl und Eisen zu geben, ist durchaus geglückt. Neben dem Werkstoffhandbuch, das vornehmlich die verschiedenen Werkstoffarten und ihre Eigenschaften enthält, werden die Sammelbände der Vor- träge, besonders den in der Praxis stehenden Fachleuten, für längere Dauer ausreichende Grundlagen über die Stoffkunde vermitteln und ausreichende Unterlagen über Werkstoff- eigenschaften und Werkstoffverwendung geben. Es wäre zu wünschen, daß auch die Vorträge der Gruppe Nichteisen- metalle der Werkstofftagung veröffentlicht würden.
[E 1806] D.

Der Bergmannsfreund. Ein Ratgeber zur Bekämpfung der Unfallgefahren im Steinkohlenbergbau. Bochum 1927, Westfälische Bergwerksgesellschaft. 417 S. m. 270 Abb. Preis 6 *RM*.

In vorbildlicher Weise vermittelt das Buch, mit dessen Herausgabe sich die Westfälische Berggewerkschaftskasse ein großes Verdienst erworben hat, in erster Linie dem bergmännischen Nachwuchs einen umfassenden Überblick

über die ihm im Berufsleben drohenden Gefahren. In den ersten beiden Kapiteln werden die Unfälle in Schächten und Bremsbergen sowie in söhligen Strecken behandelt. Unfälle durch Stein- und Kohlenfall, durch Erstickung, Vergiftung und Explosion schließen sich an.

Sehr geschickt ist der Aufbau der einzelnen Abschnitte durchgeführt. Einleitende Vorbemerkungen bieten dem jungen Bergmann eine Fülle beruflichen Wissens und machen ihn gleichzeitig im Plauderton mit fast sämtlichen Paragraphen der Unfallverhütungsvorschriften bekannt, wobei nicht versäumt wird, die möglichen Folgen von Übertretungen der Vorschriften eindringlich zu schildern. Es folgt danach stets eine Reihe von Beispielen, die sich teils im streng sachlichen Stil eines amtlichen Berichtes halten, teils wie Erzählungen eines erfahrenen Bergmannes nach Feierabend klingen. Einstreuungen in westfälischer Mundart lassen oft auch den Humor zu Worte kommen. Am Schluß eines jeden Beispiels wird in einem Merksatz einprägsam von verbotenem Handeln gewarnt, stets mit einem Hinweis auf das „Sonst...". Man möchte wünschen, daß in ähnlicher Weise Bücher auch für andre Berufe entstehen möchten. In verringerten Unfallziffern würde sicher der Beweis ihres Wertes erbracht werden. Ein weiteres Kapitel bringt die Unfallgefahren über Tage, wobei u. a. auch Unfälle im Kesselhaus, in den mechanischen Werkstätten, auf dem Zechenplatz usw. behandelt werden. Dieser Abschnitt kann bei der Vielgestaltigkeit der Betriebe auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen.

Eine Fülle geschickter Federzeichnungen belebt das Buch, das nicht nur der angehende, sondern auch der alte und erfahrene Bergmann in die Hand nehmen sollte.

Vielleicht ist die Herausgabe einzelner Kapitel in einfachster Ausstattung möglich. [E 1804] St.

Siemens-Handbücher 6. Bd.: **Elektrische Messungen.** Von Werner Skirl. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 459 S. m. 431 Abb. Preis 11 *RM*.

Der sechste Band der Siemens-Handbücher behandelt das weite Gebiet der elektrischen Messungen in leicht verständlicher Weise. Das Buch ermöglicht somit auch denen das Verständnis, die, ohne selbst Elektrotechniker zu sein, mit elektrischen Messungen zu tun haben. Obwohl das Buch eigentlich eine Firmenschrift ist, vermeidet es die besondere Werbung für deren Erzeugnisse, enthält vielmehr in durchaus sachlicher Weise Darstellungen der Meßgeräte, Meßverfahren, Schaltungen und die notwendigsten Formeln. [E 1823] Pa.

Die Bibliotheken der deutschen technischen Hochschulen. Von Paul Trommsdorff. Berlin 1928, VDI-Verlag. 32 S. Preis 2,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 2,25 *RM*.

Der Verfasser der vorliegenden Schrift kann aus langjähriger Kenntnis des Stoffes und aus praktischer Erfahrung schöpfen. Er bezieht in seinen Abriß auch die Bibliotheken der außerhalb Deutschlands gelegenen Hochschulen mit deutscher Unterrichtsprache ein, was im Hinblick auf deren Entwicklung und die innere Einheit der deutschen technischen Wissenschaft berechtigt ist.

Die stoffliche Gliederung faßt, vielleicht nicht immer zwingend, die Lebensgebiete der Bibliotheken zu vier größeren Gruppen zusammen: Werdegang, Bestände, Verwaltung und Zukunftspläne. In der Stoffauswahl und Gruppierung wie auch in der Darstellung tritt die persönliche Kritik des Verfassers hervor. Die Schrift ist kein Adreßbuch oder Bibliothekenführer; dennoch enthält sie eine Fülle von statistischen und andern Angaben, die nicht im Druck erschienen und auch sonst schwer zugänglich sind. Wer sic also einen sicheren und schnellen Überblick über den Stan der Hochschulbibliotheken verschaffen will, wird darin ein gute Quelle finden.

[E 1827] Dr. A. Predeek

Deutschlands Großkraftversorgung. Von Gerhard Dehn 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 142 S. m. 70 Abl Preis 12,50 *RM*.

Der raschen Entwicklung der deutschen Großkraftve sorgung entsprechend war bei der zweiten Auflage eine w sentliche Erweiterung nötig: die Zahl der ausführlich b handelten Großkraftstrecken mußte von 13 auf 27 erhöl werden. Der Verfasser behandelt in drei Abschnitten di Großkraftversorgung aus der Steinkohle, der Braunkohl und aus den Wasserkräften, und zwar erläutert er bei jed dieser drei Kraftquellen zunächst die mechanisch-wirtschaf lichen Grundlagen und anschließend die Entwicklung i den einzelnen Gebieten.

Aesthetik im Brückenbau. Von Friedrich Hartman Leipzig und Wien 1928, Franz Deuticke. 148 S. n 116 Abb. Preis 17,40 *RM*.

Deutscher Ausschuß für Eisenbeton, 58. H.: **Versuche m Eisenbetonbalken zur Ermittlung der Widerstandsfähigke verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte.** 5 T. 1. Ve suchbericht. Erstattet von O. Graaf. 2. Auswertung d Versuche. Von E. Mörsch. Berlin 1928, Wilh. Ern & Sohn. 28 S. m. 34 Abb. Preis 5,60 *RM*.

Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechani Von Otto Mohr. 3. Aufl. Zur Jahrhundertfeier der Tec nischen Hochschule Dresden, herausgeg. von K. Bey und H. Spangenberg. Berlin 1928, Wilh. Ernst & Soh 622 S. m. 528 Abb. Preis 33 *RM*.

AWF **Getriebe und Getriebemodelle.** Getriebe-Modellscha des AWF und VDMA 1928. Herausgeg. vom Ausschu für wirtschaftliche Fertigung. Berlin 1928, Beuth-Verla und Julius Springer. 192 S. m. Abb. Preis 6 *RM*.

Die Pumpen. Von H. Matthiessen und E. Fuchs locher. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 91 S. n 150 Abb. Preis 2,90 *RM*.

Die Berufseignungsprüfungen. Theorie und Praxis. Vo Franziska Baumgarten. München und Berlin 192 R. Oldenbourg. 742 S. m. 114 Abb. Preis 25 *RM*.

Aus Natur und Geisteswelt. 510. Bd.: **Grundzüge der Pe spektive nebst Anwendungen.** Von Karl Doehleman 3. Aufl. Leipzig und Berlin 1928, B. G. Teubner. 108 m. Abb. Preis 2 *RM*.

Probleme der deutschen chemischen Industrie. Von Pet Waller. Halberstadt 1928, H. Meyer. 214 S. Pre 17,50 *RM*.

Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von Karl Jelline 2. Bd. 2. Lfg. 2. Aufl. Stuttgart 1928, Ferdinand Enk S. 273 bis 560 m. Abb. Preis 24 *RM*.

Die Methodik der Fermente. Herausgeg. von Carl Oppen heimer und Ludwig Pincussen. 3. Lfg. Leipzi 1918, Georg Thieme. S. 625 bis 944 m. 48 Abb. Pre 28 *RM*.

Encyclopédie Scientifique: Applications de la Géométrie à l Stabilité des Constructions. Par D. Wolkowitsc Paris 1928, Gaston Doin & Cie. 284 S. m. 87 Abb. Prei 30 Fr.

Die Personalausbildung bei der Deutschen Reichsbahn. Ei Handbuch von Bruno Schwarze. Berlin 1928, Verla der Verkehrswissenschaftlich. Lehrmittelgesellschaft b der Deutschen Reichsbahn. 742 S. m. 92 Abb. Preis 20 *RM*

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 8. SEPTEMBER 1928 Nr. 36

Untersuchungen an der Dieselmaschine

VII. Die Vorkammermaschine [1]

Von Prof. Dr.-Ing. Kurt Neumann, Hannover

(Aus dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Technische Wärmelehre der Technischen Hochschule Hannover)

Das Arbeitsverfahren einer Vorkammermaschine mit gekühlter Kammer wird durch Versuche klargestellt. Die Bedeutung der Versuchsergebnisse wird besprochen.

Über die Einspritz- und Verbrennungsvorgänge, die bei der Lufteinblase- und Strahleinspritzmaschine in Betracht kommen, liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Nicht das gleiche kann man bezüglich der Vorkammermaschine sagen. Da dieser Maschinentyp gerade heute, wo man bestrebt ist, die raschlaufende kompressorlose Fahrzeug-Dieselmaschine kleiner Leistung zu entwickeln, wegen seiner baulichen Vorteile Beachtung verdient, schien es wünschenswert, das Arbeitsverfahren, die Einspritz- und Verbrennungsverhältnisse der Vorkammermaschine eingehend zu untersuchen.

Für diese Untersuchungen kam wegen der notwendigen genauen Messungen nur eine ortfeste Maschine im Laboratorium in Frage. Die anschließenden Ausführungen beziehen sich deshalb ausschließlich auf eine Maschine, die für das Institut von Gebr. Körting, A.-G., Hannover-Linden, geliefert wurde, und die nach dem DRP 429 845 arbeitet. Die liegende Einzylinder-Viertaktmaschine von 18 PS hat folgende Abmessungen:

Hub	$s = 316$ mm,	
Zyl.-Dmr.	$d = 190$ „ ,	
Nenndrehzahl . .	$n = 350$ U/min,	
Zylinderinhalt . .	$V_h = 8{,}96$ l,	$\varepsilon_h = 1$,
Verdichtungsraum	$V_k = 0{,}444$ l,	$\varepsilon_k = 0{,}0495$,
Kammerinhalt . .	$V_z = 0{,}195$ l,	$\varepsilon_z = 0{,}0218$.

Das Arbeitsverfahren der Maschine weicht von dem anderer Vorkammermaschinen wesentlich ab. Der Kanal zwischen Zylinder und Kammer[2]) hat kleinen Durchmesser, damit man großen Druckabfall während der Verdichtung und dadurch hohe Überströmgeschwindigkeit der Luft in die Kammer erhält. Der Brennstoff wird kurz vor dem Totpunkt als geschlossener Strahl in den Kanal derart eingespritzt, daß er auf die stark gekühlte Kanalwand auftrifft und hier seine kinetische Energie einbüßt. Der ihm entgegenströmende Luftstrahl von hoher Geschwindigkeit wirft die zuerst eingespritzte Brennstoffmenge unter weitgehender Zerstäubung in die Kammer zurück, wo sie unter Luftüberschuß zündet und verbrannt wird.

Hierdurch wird ein einmaliger starker Druckanstieg in der Kammer hervorgerufen: die Strömung kehrt sich um, die Kammer bläst ab, und die eigentliche Hauptverbrennung findet unter dem Einfluß der durch das Abblasen erzeugten Strömungsenergie (Verwirbelarbeit) unter noch weiterem Einspritzen von Brennstoff durch die Düse ausschließlich im Zylinder statt.

Bei der Umsetzung der chemischen Energie des Brennstoffes in Wärme und Nutzarbeit ist für alle motorischen Prozesse die Zeit von ausschlaggebender Bedeutung, die für die Vorbereitung und Durchführung der Verbrennung zur Verfügung steht. Bei der klassischen Dieselmaschine dient die Einblaseluft als Energieträger,

Abb. 1
Schematischer Schnitt durch Zylinder und Vorkammer.

und man erreicht auf diese Weise ausreichende Zerstäubung und Verbrennung des eingeblasenen Brennstoffes.

Da in gewissem Sinne bei dem Arbeitsverfahren der Versuchsmaschine die durch die Einblaseluft der Kompressor-Dieselmaschine ausgelöste Strömung durch Strömungen ersetzt wird, die ihren Ursprung nicht in einer äußeren Einwirkung, sondern in dem wechselseitigen Zusammenspiel zwischen Zylinder und Vorkammer haben, so schicke ich der Untersuchung des Arbeitsverfahrens der Maschine bei Regelbetrieb (Vollast) eine Analyse der Strömungen in Zylinder und Vorkammer voraus, bei denen die Drehzahl als veränderlicher Parameter erscheint und der Einfluß der Verbrennung zunächst ausgeschaltet ist.

Die Strömungen in Zylinder und Vorkammer

Die Einspritzenergie des flüssigen Brennstoffes ist bei Vorkammermaschinen infolge des verhältnismäßig geringen Pumpendrucks klein. Deshalb sind hier die Strömungen von besonderer Bedeutung. Da das Einspritzen schon vor der Totlage des Kolbens erfolgt, so kommen zunächst die Strömungen während der Verdichtung in Betracht.

Bezeichnen V_k und V_z die Inhalte des Verdichtungsraumes und der Vorkammer, V_h den Hubraum der Maschine, Abb. 1, so sind bei der Vorkammermaschine zwei Verdichtungsverhältnisse zu berücksichtigen: $\varepsilon_k = \dfrac{V_k}{V_h}$ und $\varepsilon_z = \dfrac{V_z}{V_h}$. Infolge der Querschnittverengung f durch den Verbindungskanal steigt im allgemeinen der Druck p_1 im Zylinder während der Verdichtung rascher als der Druck p_2 in der Vorkammer; der Überdruck im Zylinder gegen die Kammer erzeugt eine Strömung im Kanal, die sich in die Kammer fortpflanzt. Der Druckverlauf im Zylinder und in der Kammer hängt vom Drosselquerschnitt f und der Kolbengeschwindigkeit oder der Drehzahl ab.

Ist die Drehzahl sehr niedrig, so gleichen sich die Drücke in Zylinder und Kammer augenblicklich aus, und der Enddruck der Verdichtung entspricht dem Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = \varepsilon_k + \varepsilon_z$. Bei sehr hoher Drehzahl (im Grenzfall $n = \infty$) hingegen wird der Enddruck der

[1]) Auszug aus einem Bericht, der ungekürzt in Forschungsheft Nr. 309 erscheint. [2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 771 Abb. 13.

Abb. 2
Zeitlicher Druckverlauf in Zylinder und Vorkammer gegen Ende des Verdichtungshubes.

p_1 Druck im Zylinder
p_2 „ in der Vorkammer
p_1', p_2' Grenzdrücke für $n = \infty$
p'' Grenzdrücke für $n = 0$

Verdichtung nur durch ε_k bestimmt, da die im Zylinder verdichtete Luft keine Zeit hat, in die Kammer abzuströmen.

In Abb. 2 ist der zeitliche Druckverlauf während der Verdichtung dargestellt. Der Druck zu Beginn der Verdichtung beträgt 1 at abs, die Verdichtung erfolgt nach dem Gesetz $P\,V^{1,35} = \text{konst.}$ Man erhält drei Grenzdrucklinien: Herrscht in Zylinder und Kammer stets der gleiche Druck $p_2 = p_1$, so ergibt $p'' = f(\alpha)$ den Enddruck $p_k = 38{,}7$ at abs. Bei unendlich rascher Verdichtung wird der Druckverlauf im Zylinder $p_1' = f(\alpha)$ mit dem Enddruck $p_k = 61{,}5$ at abs, während der Kammerdruck $p_2' =$ 1 at abs unveränderlich bleibt.

Bei Drehzahlen zwischen $n = 0$ und $n = \infty$, die dem wirklichen Betrieb entsprechen, liegt im allgemeinen der Druck im Zylinder $p_1 = f(\alpha)$ stets über, der Druck in der Kammer $p_2 = f(\alpha)$ stets unter der Grenzdrucklinie $p'' = f(\alpha)$, wobei der Unterschied $\Delta p = p_1 - p_2$ um so größer ist, je kleiner der Drosselquerschnitt f und je größer die Drehzahl n ist. Mit wachsendem Wert von Δp nimmt aber auch die Überströmgeschwindigkeit der Luft aus dem Zylinder in die Kammer und demzufolge die Wirbelung in der Kammer zu. Der Druckverlauf in Zylinder und Kammer ist eine Funktion von $\frac{V_k}{V_h}$, $\frac{V_z}{V_h}$ und $\frac{f}{n}$. Als Maß für die Wirbelung des Kammerinhaltes gilt die erzeugte Strömungsenergie E, die von dem übergeschobenen Luftgewicht und der augenblicklichen Luftgeschwindigkeit abhängt.

Strömt während des Kurbelwinkels $d\alpha$ die Luftmenge dG_2 mit der Geschwindigkeit w_2 in die Kammer, so ist

$$G_2 = \frac{P_{10}^{\frac{m-1}{m}}}{R\,T_{10}}\,\frac{\mu f}{6\,n}\int_0^{\alpha} w_2\,P_2^{\frac{1}{m}}\,d\alpha \text{ kg},$$

wobei P_{10}, T_{10} sich auf den Anfangszustand im Zylinder zu Beginn der Verdichtung beziehen, μ die Ausflußzahl und die Überströmgeschwindigkeit

$$w_2 = 44{,}8\sqrt{T_{10}\left(\left|\frac{p_1}{p_0}\right|^{\frac{m-1}{m}} - \left|\frac{p_2}{p_0}\right|^{\frac{m-1}{m}}\right)} \text{ m/s}$$

ist, die aus dem indizierten Druckverlauf von Zylinder und Kammer $p_1 = f(\alpha)$ und $p_2 = f(\alpha)$ ermittelt wird.

Die augenblickliche Strömungsenergie beträgt

$$d\,E_2 = d\,G_2\,\frac{w_2^2}{2\,g},$$

woraus folgt

$$E_2 = \frac{P_{10}^{\frac{m-1}{m}}}{2\,g\,R\,T_{10}}\,\frac{\mu f}{6\,n}\int_0^{\alpha} w_2^3\,P_2^{\frac{1}{m}}\,d\alpha \text{ mkg.}$$

Von besonderer Wichtigkeit ist die zeitliche Änderung der Strömungsenergie (Wirbelung in der Kammer) während des Verdichtens $\frac{d\,E_2}{d\,\alpha}$ mkg für 1 Grad Kurbelwinkel; denn es ist erwünscht, daß sie gerade während des Einspritzens, kurz vor der Totlage des Kolbens möglichst groß ist.

Zur Bestimmung von μ wurde das Verbindungstück zwischen Zylinder und Kammer als Mündung eines Druckluftkessels benutzt, durch die eine gemessene Luftmenge unter bekanntem Überdruck ins Freie ausströmte. Es ergab sich $\mu = 0{,}61$. Abb. 3 und 4 zeigen ferner für die Drehzahl $n = 311$ U/min in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel α die aus dem Zylinder in die Kammer überströmende Luftmenge G_2, die Überströmgeschwindigkeit w_2, die Strömungsenergie E_2 und die zeitlichen Änderungen $\frac{d\,G_2}{d\,\alpha}$ und $\frac{d\,E_2}{d\,\alpha}$. Man erkennt, daß diese Größen erst in der zweiten Hälfte des Verdichtungshubes rasch anwachsen und 14° vor dem Totpunkt ausgesprochene Größtwerte erreichen. Insbesondere ist beachtenswert, daß die Wirbelung $\frac{d\,E_2}{d\,\alpha}$ in diesem Zeitpunkt sehr bedeutend ist, daß sie jedoch bei weiterer Annäherung des Kolbens an die Totlage rasch wieder abnimmt.

Die Strömungsverhältnisse und damit die Bedingungen für die Zündung und Vorverbrennung ändern sich, wenn unter sonst gleichen Voraussetzungen die Drehzahl der Maschine andere Werte annimmt. Die Untersuchung der Maschine bei drei verschiedenen Drehzahlen führte zu den in Abb. 5 dargestellten Ergebnissen. Bei der Nenndrehzahl 350 ist der Höchstwert der während der Verdichtung übergeschobenen Luftmenge $\int_0^{180} d\,G_2$ bereits überschritten, dafür ist aber die Wirbelung in der Kammer während des Einspritzens $\left(\frac{d\,E_2}{d\,\alpha}\right)_{max}$ für diese Drehzahl am größten. Mit abnehmender Drehzahl steigt G_2 zunächst noch mäßig an, während sich die Wirbelung rasch vermindert.

Der Druckunterschied $\Delta p = f(\alpha)$ zwischen Zylinder und Vorkammer und die Überströmgeschwindigkeit

Abb. 3 und 4
Strömungsvorgänge in der Vorkammer gegen Ende des Verdichtungshubes bei unveränderlicher Drehzahl ($n = 311$ U/min)

G_2 aus dem Zylinder in die Kammer übergeschobenes Luftgewicht
w_2 Überströmgeschwindigkeit

E_2 Strömungsenergie
$\frac{d\,E_2}{d\,\alpha}$ zeitliche Änderung der Strömungsenergie

Abb. 5
Strömungsvorgänge in der Vorkammer, abhängig von der Drehzahl.

G_2 aus dem Zylinder in die Kammer während der Verdichtung übergeschobenes Luftgewicht
w_{2max} größte Überströmgeschwindigkeit während des Verdichtungshubes
E_2 Strömungsenergie der übergeschobenen Luftmenge
$\left(\frac{d\,E_2}{d\,\alpha}\right)_{max}$ größte Wirbelung in der Vorkammer

Abb. 6
Temperaturverlauf in der Wand der Vorkammer und des Verbindungskanales.

$=f(\alpha)$ nehmen mit wachsender Drehzahl zu. Die ...hrend des ganzen Verdichtungshubes erzeugte Strö...ngsenergie E_2 erreicht die gleichen Werte, die man ...m klassischen Dieselverfahren durch hochgespannte ...blaseluft erzielt: Die Durchwirbelung der Vorkammer ... wegen ihres kleineren Inhaltes stärker als die des ...rbrennungsraumes einer Lufteinblasemaschine. Da ...nügend Frischluft in der Kammer und, wie später ge...gt wird, gleichzeitig hohe Temperatur vorhanden ist, ...sind alle Bedingungen erfüllt, um bei richtiger Ein...itzung des Brennstoffes rasche und sichere Zündung ...beizuführen und die Vorverbrennung in der Kammer ...art auszulösen, daß sich ein hohes Abblasevermögen ... Kammer und dadurch eine wirkungsvolle Hauptver...nnung im Zylinder für jeden Arbeitshub ergibt.

Untersuchung des Arbeitsverfahrens bei Vollast

Versuchsanordnung, Beobachtungs...rte und Versuchsergebnisse: Die Maschine ... beim Versuch annähernd vollbelastet. Die Nutzlei...g wurde durch eine elektrische Wirbelstrombremse ...ichtet und die von der Maschine verbrauchte Luft...ge mittels einer vorgeschalteten Luftuhr bestimmt. ... Kühlwassermenge wurde für Zylinder und Vorkam... getrennt ermittelt. Durch Thermoelemente wurden ... Wandtemperaturen der Vorkammer und des Verbin...skanals, außerdem durch ein in die Vorkammer hin...agendes Platin-Platin-Rhodium-Element die mittlere ...emperatur in der Kammer gemessen. Den Druckver... in Zylinder und Kammer zeigten gewöhnliche und ...etzte Indikator-Diagramme. Ein dritter Indika...rschrieb das Nadelhub-Diagramm. Durch elektrisch ...euerte Ventile konnten zu beliebigen Kurbelwinkeln ...rige Gasproben der Vorkammer und dem Zylinder ...tommen werden.

Der Versuch ergab folgende Werte:

Nutzleistung	$N_e = 17{,}8$ PS
mittl. indiz. Kolbendrücke . .	$p_i+ = 7{,}15$ at
	$p_i- = 0{,}02$ „
Drehzahl	$n = 346$ U/min
Brennstoffverbrauch	$B = 4{,}32$ kg/h
Luftverbrauch (15°, 1 at) . .	$L_r = 75{,}53$ m³/h
Kühlwasser:	
Zylinder	$K_k = 285$ kg/h
Vorkammer	$K_z = 27$ „
Eintrittstemperatur	$t_e = 8{,}2$ °C
Austrittstemperaturen:	
Zylinder	$t_{ak} = 67{,}3$ „
Vorkammer	$t_{az} = 67$ „
Abgastemperatur	$t_z = 436$ „
mittl. Gastemperatur in der Vorkammer	$t_{2m} = 672$ „
Wandtemperaturen:	
Vorkammer	$\vartheta_1 = 95$ „
	$\vartheta_2 = 86$ „
Verbindungskanal	$\vartheta_1' = 128$ „
	$\vartheta_2' = 101$ „
Brennstoff: Gasöl,	
unterer Heizwert	$h_u = 10070$ kcal/kg
theoret. Luftmenge (15°, 1 at)	$L_{min} = 12{,}29$ m³/kg

Gaszusammensetzung:	
Auspuffgase	$CO_2 = 0{,}106$ R.-T.
	$O_2 = 0{,}065$ „
Vorkammer- und Verbrennungsgase im Zylinder, abhängig vom Kurbelwinkel α . . .	s. Abb. 9 und 10

Aus den Versuchswerten berechnen sich:

indizierte Leistung	$N_i = 24{,}6$ PS
mechanischer Wirkungsgrad .	$\eta_m = 0{,}724$
spezifischer Brennstoffverbrauch	$B_i = 0{,}176$ kg/PS$_i$h
	$B_e = 0{,}243$ kg/PS$_e$h
spez. Luftverbrauch (15°, 1 at) .	$L_r = 17{,}48$ m³/kg
mittlerer nutzbarer Kolbendruck	$p_e = 5{,}17$ at
Luftüberschußzahl	$\lambda = 1{,}42$
thermische Wirkungsgrade .	$\eta_{ti} = 0{,}357$
	$\eta_{te} = 0{,}259$
Liefergrad	$\eta_\lambda = 0{,}812$

Wärmebilanz:

		in Bruchteilen der zugeführten Wärme	
Nutzleistung . . .	$Q_e = 11250$ kcal/h,	$q_e = 0{,}259$	$q_i = 0{,}358$
Reibungsleistung .	$Q_\varrho = 4310$ „ ,	$q_\varrho = 0{,}099$	
Kühlwasserwärme			
Zylinder . . .	$Q_{kk} = 16860$ „ ,	$q_{kk} = 0{,}388$	$q_k = 0{,}424$
Vorkammer .	$Q_{kz} = 1590$ „ ,	$q_{kz} = 0{,}036$	
Abgaswärme . . .	$Q_z = 10700$ „ ,	$q_z = 0{,}246$	
Rest	$Q_r = -1210$ „ ,	$q_r = -0{,}028$	
Zugeführte Wärme	$B\,h_u = 43500$ kcal/h,	$\Sigma q = 1{,}000$.	

Abb. 6 zeigt für Kanal und Zündkammer den Temperaturverlauf in der Wand.

Die Wärmeabfuhr der Zündkammer an das Kühlwasser beträgt für

		in Bruchteilen der abgeführten Wärme
die Kammer	$Q' = 1594$ kcal/h,	$q_{Kammer} = 0{,}60$,
den Kanal	$Q'' = 1060$ „ ,	$q_{Kanal} = 0{,}40$,
	$\Sigma Q = 2654$ kcal/h,	$\Sigma q = 1{,}00$.

Die Kühlwassermessung für die Kammer ergab in bester Übereinstimmung hiermit $Q_{kz} = 1590$ kcal/h.

Die Vorgänge in der Vorkammer und im Zylinder

Berechnungsverfahren: Beide stehen in enger Wechselwirkung und werden von der Gestaltung und dem Arbeitsverfahren der Maschine wesentlich beeinflußt.

Aus der gemessenen mittleren Gastemperatur in der Vorkammer $t_{2m} = 672°$ und dem durch den Indikator bestimmten zeitlichen Druckverlauf des Kammerinhaltes $p_2 = f(\alpha)$ kann zunächst der zeitliche Temperaturverlauf in der Kammer $t_2 = f(\alpha)$ bestimmt werden.

Es wird

$$T_2 = \frac{T_{2m}}{\left(p_2^{\frac{m-1}{m}}\right)_m} \cdot p_2^{\frac{m-1}{m}} \text{ °abs.}$$

Druck- und Temperaturverlauf in der Kammer zeigt Abb. 7.

Abb. 7
Zeitlicher Druck- und Temperaturverlauf in der Vorkammer während eines Viertaktspieles.

Für die Verbrennung in der Kammer ist die Zusammensetzung der Ladung kennzeichnend, die im Augenblick der Zündung in der Kammer vorhanden ist. Von der durch die Verbrennung ausgelösten Drucksteigerung in der Kammer hängt dann der Einspritzvorgang und der Verlauf der Verbrennung im Zylinder zwangläufig ab.

Zu Beginn der Verdichtung ist die Kammer mit einer Luftmenge

$$G_{l20} = \frac{P_{20}\,V_z}{R\,T_{20}} = 0{,}091\ \mathrm{g}$$

erfüllt. Die von da bis zum Kurbelwinkel α in die Kammer übergeschobene Luftmenge ist durch $G_{l2} = f(\alpha)$ (s. S. 1242 l. Sp.) bestimmt, wobei die Temperatur im Zylinder zu Beginn der Verdichtung

$$T_{10} = \frac{(1 + \varepsilon_k + \varepsilon_z)\,P_{10}}{\dfrac{\varepsilon_k\,P_{rk}}{T_{rk}} + \dfrac{\varepsilon_z\,P_{r2}}{T_r} + \dfrac{848\,L_r}{24{,}4 \cdot 30\,n\,V_h}}$$

$= 366\,°$ abs oder $t_{10} = 93\,°\mathrm{C}$ beträgt.

Die Wirbelung in der Kammer ändert sich während des Verdichtungshubes. Die zeitliche Änderung $\frac{\mathrm{d}\,E_2}{\mathrm{d}\,\alpha}$ ist eine Funktion des Kurbelwinkels α.

Hiernach liegt das Luftgewicht $G_{l20} + G_{l2}$ in der Kammer für jeden Kurbelwinkel α fest. Da aus dem versetzten Indikatordiagramm der Kammerdrücke p_2 der Augenblick der Zündung entnommen werden kann — sie erfolgt 4,5 ° vor der Kurbeltotlage —, so ist auch die Luftmenge, die während der Zündung in der Kammer vorhanden ist, bestimmt. Sie beträgt mit $G_{l2} = 1{,}74$ g

$$G_{l20} + G_{l2} = 1{,}83\ \mathrm{g}.$$

Die in dem gleichen Augenblick in der Kammer vorhandene Brennstoffmenge hängt vom Einspritzgesetz ab. Die Einspritzzeit z_e entspricht dem Kurbelwinkel $\alpha_e - \alpha_a$. Die von α_a bis zum beliebigen Winkel α eingespritzte Brennstoffmenge ist dann

$$B = \frac{\mu\,f\,\gamma_b}{6\,n} \int_{\alpha_a}^{\alpha} w_b\,\mathrm{d}\,\alpha\ \ \mathrm{kg},$$

wobei die Einspritzgeschwindigkeit aus dem Druckunterschied zwischen Pumpe und Zylinder zu

$$w_b = \sqrt{\frac{2\,g\,10^4\,\Delta p}{\gamma_b}}\ \ \mathrm{m/s}$$

und die Ausflußzahl μ aus der je Arbeitspiel eingespritzten Menge zu

$$\mu = \frac{6\,n\,B_{\mathrm{Spiel}}}{f\,\gamma_b \int_{\alpha_a}^{\alpha_e} w_b\,\mathrm{d}\,\alpha}$$

folgt.

Die mittlere Einspritzgeschwindigkeit beträgt 158 m/s, und hiermit ergibt sich die Ausflußzahl der Brennstoffdüse

$$\mu = 0{,}64.$$

Berechnet man für verschiedene Einspritzwinkel $\alpha - \alpha_a$ die eingespritzte Brennstoffmenge B_a, so erkennt man, daß diese linear mit dem Einspritzwinkel wächst. Hiernach ist bis zum Beginn der Zündung in der Kammer — 4,5 ° vor dem Totpunkt — an Brennstoff $B_z = 0{,}086$ g eingespritzt worden. Die Mischung in der Kammer ist mithin durch die Luftüberschußzahl

$$\lambda = \frac{L_z}{B_z\,L_{\min}} = 1{,}46$$

gekennzeichnet.

Die Verbrennung in der Kammer findet demnach bei erheblichem Luftüberschuß statt. Vom Einspritzbeginn bis zum Augenblick der Zündung nimmt λ von $\lambda_{-13°} = \infty$ auf $\lambda_{-4,5°} = 1{,}46$ ab, Abb. 8.

Daß in der Kammer viel überschüssiger Sauerstoff vorhanden ist, folgt auch aus der Analyse der mittels des gesteuerten Ventils entnommenen Gasproben. In diesen waren Erzeugnisse unvollkommener Verbrennung H_2 und CO nicht nachweisbar. Durch Probeentnahme bei verschiedenen Kurbelwinkeln kann der zeitliche Verlauf der Verbrennung in der Vorkammer verfolgt werden. Dieser zeigt in Übereinstimmung mit dem Indikatordiagramm,

Abb. 8 Zeitlicher Verlauf des Einspritzvorganges in der Vorkammer und im Zylinder.

B eingespritzte Brennstoffmenge
λ Luftüberschußzahl

daß nur eine einmalige Drucksteigerung in der Kamm stattfindet. Die Verbrennung ist zwar vollkommen, e reicht jedoch nicht ihren Höchstwert, der dem größ möglichen CO_2-Gehalt der verbrannten Ladung en sprechen müßte. Es findet während der Verbrennu eine Abspaltung von Kohlenstoff statt.

Da sich die Strömung zwischen Zylinder und Vo kammer im Augenblick der Zündung infolge des Druc anstieges in der Kammer umkehrt, so werden weite Luftmengen der Kammer vom Zylinder aus nicht me zugeführt. In diesem Zeitpunkt tritt demnach in d Kammer die Verbrennung einer ihrer Zusammensetzu nach genau bekannten Menge von Brennstoff u Luft ein.

Die Aufgabe besteht nun darin, den zeitlichen Ve lauf der Verbrennung in der Kammer in Abhängigke von der gemessenen Gaszusammensetzung CO_2, O_2 u dem bekannten Luftinhalt $L_z = 0{,}001\,54\ \mathrm{m}^3$ (15 °, 1 at) d Kammer zu berechnen.

Beim Kurbelwinkel α seien x kg Gasöl vollkomm verbrannt, wobei sich von 1 kg Kohlenstoffgehalt d Öles der Anteil φ als Ruß abspaltet. Von den Verbre nungsgasen sei der Anteil β aus der Kammer nach de Zylinder abgeströmt. Das Gewicht des verbrannten Ga öles beträgt dann

$$x = \frac{4\,L_z}{24{,}4\,h}\;\frac{0{,}21 - CO_2 - O_2}{1 - CO_2 - O_2}\ \ \mathrm{kg}$$

und der Anteil

$$\varphi = 1 - 0{,}79\,\frac{3\,h}{C}\;\frac{CO_2}{0{,}21 - CO_2 - O_2}.$$

Die abgespaltene Kohlenstoffmenge ist

$$C = 0{,}866\,\varphi\,x\ \ \mathrm{kg}.$$

Aus Abb. 9 ist ersichtlich, daß die Verbrennung der Kammer nach der Zeit $Z_v = 0{,}0457$ s beendet is Während dieser Zeit wird die weiterhin durch die Dü austretende Brennstoffmenge $B_{\mathrm{Spiel}} - B_z = 0{,}330$ g z sammen mit dem abgeschiedenen Kohlenstoff durch d Strömung in den Zylinder eingestäubt und dort verbrann

Da der Brennstoffstrahl bei Vorkammermaschin nur geringe Strömungsenergie hat, so muß diese dur das Abblasevermögen der Kammer vergrößert werde damit die Hauptverbrennung im Zylinder rasch u restlos erfolgt. Die Abblaseenergie für d G_1'' kg der a der Kammer mit der Geschwindigkeit w_1 m/s in den Z linder abströmenden Verbrennungsgase ist

$$\mathrm{d}E'' = \mathrm{d}\,G_1''\,\frac{w_1^2}{2\,g}.$$

Bedeutet p_1, wie früher, zur Zeit z oder beim Kurbe winkel α den Druck im Zylinder, p_2 und T_2 Druck u Temperatur in der Kammer, so ist die Abblaseenergie d Kammer für den Kurbelwinkel $\alpha - \alpha_z$

$$E'' = \frac{\mu\,f}{2\,g\,6\,n\,R} \int_{\alpha_z}^{\alpha} \frac{P_1\,w_1^3}{T_2 \left(\dfrac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{m-1}{m}}}\,\mathrm{d}\,\alpha.$$

Vill man außer dem Gasgewicht G_1'' noch die ein-
:espritzte Gasölmenge $B_{\text{Spiel}} - B_z$ berücksichtigen, so
rhöht sich das Arbeitsvermögen der Kammer um den
llerdings nur geringfügigen Betrag

$$E_b = \frac{B_{\text{Spiel}} - B_z}{\alpha - \alpha_z} \int_{\alpha_z}^{\alpha} \frac{w_b^2}{2g} \, d\alpha \quad \text{mkg.}$$

Die Hauptverbrennung löst im Zylinder eine Druck-
teigerung aus, die Einfluß auf den Überdruck Δp
$= p_2 - p_1$ der Kammer gegen den Zylinder hat und die,
a sie Δp und damit w_1 verkleinert, die Abblasezeit der
.ammer erhöht. Die Zeit z_v, innerhalb deren sich die
estlose Verbrennung des Kammerinhaltes abspielt, fällt
ufällig gerade mit der Abblasezeit der Kammer zu-
ammen, da bei rd. 90 ° hinter der Kurbeltotlage $\Delta p = 0$ ist.

Die aus der Vorkammer abblasenden, wasserdampf-
altigen Verbrennungsgase ändern wegen der mit der
eit fortschreitenden Verbrennung in der Kammer ihre
usammensetzung. Beim Kurbelwinkel α seien die An-
ile an Kohlensäure a_1, an Wasserdampf a_2, an Sauer-
off a_3 und an Stickstoff a_4. Die Werte $a_1, a_2 \ldots$ sind,
a die verbrannte Gasölmenge $x = f(\alpha)$ für die Kammer
ereits ermittelt worden ist, bekannt.

Es kann nun auch der Fortschritt der Hauptver-
rennung im Zylinder angegeben werden. Befindet sich
er Kolben in der äußersten Totlage ($\alpha = 0°$), so ist im
ylinder das Luftgewicht G_{10} kg eingeschlossen, wobei die
eringfügigen Verbrennungsrückstände mit als Luft an-
esehen werden mögen. Bis zum Kurbelwinkel $\alpha_z°$ (Zün-
ung) sind aus dem Zylinder in die Vorkammer abgeströmt
G_{2z} kg. Da sich beim Winkel α_z die Strömrichtung
mkehrt, so strömt von α_z bis $\alpha°$ aus der Kammer die
bgasmenge G_1'' kg in den Zylinder ein. Gleichzeitig
ird in den Zylinder an Brennstoff noch B_a kg ein-
espritzt und aus der Kammer die dort unverbrannte
ohlenstoffmenge C_a kg überführt.

Beim Kurbelwinkel $\alpha°$ beträgt hiernach das Gewicht
er im Zylinder eingeschlossenen Ladung

$$G_{1a} = G_{10} - G_{2z} + G_1'' + B_a + C_a \quad \text{kg.}$$

Berücksichtigt man, daß die Vorkammergase aus CO_2,
H_2O, O_2 und N_2, entsprechend $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$, be-
stehen, daß von der in den Zylinder eingespritzten Brenn-
stoffmenge B jetzt der Anteil x und daß die übergescho-
bene Kohlenstoffmenge C nach Maßgabe ihres Eintrittes
in den Zylinder verbrannt werden soll, so ergibt die
Rechnung schließlich

wobei CO_2 den Kohlensäuregehalt der mit Hilfe des gesteuerten Ventils beim Kurbelwinkel α entnommenen Gasprobe bedeutet. Die beim Kurbelwinkel α im Zylinder wirklich verbrannte Brennstoffmenge ist dann

$$B = x B_a \quad \text{kg.}$$

Auch hier ist die Mischung der Ladung an Brennstoff B_a und Kohlenstoff C_a mit der im Zylinder jeweils vorhandenen Luftmenge vor ihrer Verbrennung wieder durch die Luftüberschußzahl λ_{Zyl} gekennzeichnet, die mit fortschreitender Einspritzung des Brennstoffes vom Wert $\lambda_{-5} = \infty$ bis zu dem Grenzwert $\lambda_{+31°} = 1{,}42$ abnimmt, der dem Ende der Einspritzung zukommt. Von der je Arbeitspiel eingespritzten Brennstoffmenge $B_{\text{Spiel}} = 0{,}416$ g wird der Anteil $B_z = 0{,}086$ g in der Kammer, der Rest $B_{\text{Spiel}} - B_z = 0{,}330$ g im Zylinder verbrannt. In Abb. 10 sind die auf die Hauptverbrennung im Zylinder bezüglichen Größen in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel α dargestellt.

Hiermit liegt aber auch der zeitliche Verlauf der Hauptverbrennung im Zylinder in allen Einzelheiten fest. Die vorgenommenen streng quantitativen Ermittlungen klären das Vorkammerverfahren bis ins einzelne. Die angestellten Untersuchungen zeigen hier insbesondere die grundlegenden Einflüsse, die die Strömungsvorgänge im Zylinder und in der Kammer auf den Arbeitsprozeß der Maschine ausüben.

Die Versuchsergebnisse und ihre Bedeutung für das Vorkammerverfahren

Ein wesentliches Kennzeichen des Arbeitsverfahrens der Maschine ist, daß die je Arbeitspiel eingespritzte Brennstoffmenge durch die Zündung in der Kammer in zwei scharf getrennte Teile zerlegt wird: der erste Teil $B_z = 0{,}086$ g wird mit erheblichem Luftüberschuß (46 vH) in der Kammer verbrannt und löst eine ausgeprägte einmalige Vorexplosion aus, die das Einstäuben des zweiten Brennstoffteils $B_{\text{Spiel}} - B_z = 0{,}330$ g in den Zylinder bewirkt. Die Aufteilung der ersten Brennstoffmenge findet unter Einwirkung der hohen Luftgeschwindigkeit im Verbindungskanal erst bei ihrer Rückströmung in die Kammer statt. Die hohe Kammertemperatur und die außerordentlich starke Wirbelung in der Kammer begünstigen die jetzt eintretende Zündung in hohem Maße.

Der von allen Konstrukteuren gefürchteten Gefahr der Verkokung von Kammer und Düse wird wirksam dadurch begegnet, daß unter großem Luftüberschuß in

$$x = \frac{\left[\frac{0{,}231\,(G_{10} - G_{2z}) + a_3 G_1''}{32} + \frac{0{,}769\,(G_{10} - G_{2z}) + a_4 G_1''}{28}\right] CO_2 - \left(\frac{a_1 G_1''}{44} + \frac{C_a}{12}\right)(1 - CO_2)}{\frac{B_a}{12}\,(c + 3\,h\,CO_2)},$$

Abb. 9 Zeitlicher Verlauf der Verbrennung in der Vorkammer.

B_z eingespritzter Brennstoff
X verbrannter "
C_a abgespaltener Kohlenstoff
p_2 Druck in der Vorkammer
w_1 Abblasegeschwindigkeit der Vorkammergase in den Zylinder
CO_2 Kohlensäuregehalt der wasserdampffreien Verbrennungsgase (Raumteile)
O_2 Sauerstoffgehalt der wasserdampffreien Verbrennungsgase (Raumteile)

Abb. 10 Zeitlicher Verlauf der Verbrennung im Zylinder.

B_a in den Zylinder eingespritzter Brennstoff
$x B_a$ verbrannter Brennstoff
$\frac{d(x B_a)}{dz}$ Verbrennungsgeschwindigkeit
CO_2, O_2 Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt der wasserdampffreien Verbrennungsgase (Raumteile)
λ Luftüberschußzahl

der Kammer verbrannt wird. Da durch die hohe Luftgeschwindigkeit gleichzeitig eine sehr feine Zerteilung des Brennstoffes in der Kammer eintritt, so sind alle Merkmale (große Oberfläche des eingespritzten Brennstoffes, hohe Temperatur und großer Teildruck des Sauerstoffes in der Kammer) gegeben, die eine rasche Oxydation des Brennstoffes mit anschließendem schnellen Zerfall der gebildeten Sauerstoffverbindungen und dadurch die Zündungen herbeiführen.

Die sofortige Zündung des Brennstoffes beim Austritt aus der Düse wird dadurch vermieden, daß durch die flache Form der Kammer der Weg von der Düse bis zur Kanalmündung sehr kurz ist, und daß der Brennstoff als geschlossener Strahl in den Kanal eingespritzt wird. Kurze Zeit und kleine Oberfläche beim Durchgang des Brennstoffes durch die Kammer schließen hier die Zündung sowie jede Veränderung des flüssigen Brennstoffstrahles mit Sicherheit aus. Da bei der Versuchsmaschine der Weg 11 mm, die Strahlgeschwindigkeit 158 m/s beträgt, so durcheilt der Strahl die Kammer in $7 \cdot 10^{-5}$ s, einer Zeit, die rd. 100mal kleiner ist, als die Zeit, die zur Zündung von zerstäubtem flüssigen Brennstoff notwendig ist.

Ein weiteres Merkmal des Arbeitsverfahrens ist der allseitig wassergekühlte Verbindungskanal und die stark gekühlte Vorkammer. Die Temperaturmessungen, Abb. 6, zeigen, daß die inneren Wandtemperaturen tief liegen, daß sie nirgends die üblichen Wandtemperaturen wassergekühlter Wände von Verbrennungsmaschinen überschreiten. Ein Einfluß der Wandtemperaturen auf die Zündung kommt weder für die Kanal- noch für die Vorkammerwand in Frage.

Die kalorimetrisch bestimmte Wärmeabfuhr an Kammer und Kanal und die Temperaturmessungen gestatten, die mittlere Wärmeübergangszahl von Gas an Wand zu berechnen. Es ergibt sich für die Vorkammer $a_i = 183$ kcal/m² h °C.

Berechnet man den zeitlichen Verlauf der Wärmeübergangszahl für die Kammer nach der Formel von Nußelt[2a]), so folgt die mittlere Wärmeübergangszahl

$$a_i = \frac{\int_0^{720} \alpha \, d\varphi}{720} = 181 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}.$$

Der Wert stimmt mit dem gemessenen ausgezeichnet überein. Die Wärmeabfuhr durch Strahlung hat nur bei der Temperaturspitze einige Bedeutung: $\alpha_s = 44$ kcal/m²h °C. Die mittlere Wärmeübergangszahl für Strahlung beträgt $\alpha_{sm} = 9$ kcal/m²h °C, so daß der Wärmeverlust der Vorkammer durch Strahlung nur 5 vH der gesamten Wärmeabfuhr beträgt.

Der Einfluß des Kühlverlustes durch die Vorkammer wird zumeist weit überschätzt. Aus der Wärmebilanz folgt, daß nur 3,6 vH der im Brennstoff zugeführten Wärme durch die Kühlung der Vorkammer verloren gehen, während 38,8 vH durch das Zylinderkühlwasser abgeführt werden. Es zeigt sich hier wieder, daß der unmittelbare Wärmeverlust an die Wand eine untergeordnete Rolle spielt, sofern nur der Energieumsatz rasch abläuft.

Neu ist, daß die Verbrennung in der Vorkammer mit Luftüberschuß erfolgt. Während der Einführung des Brennstoffes $B_z = 0{,}086$ g bis zur Zündung in der Kammer nimmt die Luftüberschußzahl von $\lambda = \infty$ bis $\lambda = 1{,}46$ ab. Die Entfernung der Verbrennungserzeugnisse aus der Kammer wird durch die Strömung begünstigt. Ausschub- und Ansaughub des Maschinenkolbens üben weiterhin eine Saugwirkung auf die Kammergase aus, deren in der Kammer zurückbleibendes Gewicht wegen der hohen Temperatur klein ist. Diese Umstände bewirken, daß die Ladung der Kammer mit Frischluft bei jedem Arbeitspiel sauber vonstatten geht und stets das gleiche Mischungsverhältnis von Brennstoff und Luft und dadurch gleichstarke Hilfsverpuffung herbeiführt.

Selbstredend bedarf der Ablauf der Verbrennung in der Kammer einer gewissen Zeit, wenn er vollständig sein soll. Diese Zeitspanne überschreitet aber nicht die Zeit, die auch sonst unter gleichen Umständen hierfür erforde lich ist. Die Zeit für die vollständige Verbrennung d Kammerinhaltes ergibt sich s. S. 1244 r. Sp. zu $Z_v = 0{,}045$

Trotz der festgestellten vollkommenen Verbrennung i der Kammer (CO und H_2 waren in den Kammergasen nic nachweisbar) blieb der CO_2-Gehalt hinter seinem Größ werte zurück. Das läßt sich nur so deuten, daß die Ze nicht ausreicht, um sämtliche Kohlenstoffverbindungen d chemisch nicht einheitlichen Gasöles restlos zu ve brennen. Mit Zündung und erster Drucksteigerun ist aber, wie alle Messungen über Verbrennung vorgänge zeigen, die Verbrennung niemals zu End Die Kohlenstoffverbindungen mit kleinerer Oxyd tionsgeschwindigkeit erfordern zu ihrem Zerfall ei längere Zeit für ihre Wärmeaufnahme und für die sic anschließende Umwandlung in CO_2 und H_2O; es find Nachbrennen statt. In der Rechnung wurde dieser Sac lage dadurch genügt, daß auf Grund von Beobachtunge angenommen wurde, die Verbrennung spiele sich unter A spaltung von Kohlenstoff ab. Dieser Umstand braucht fü den Fortschritt der Verbrennung durchaus nicht ungünsti zu sein, da glühende Kohlenstoffteilchen vorzügliche Kat lysatoren sind und demzufolge die Verbrennung sehr wir sam aus der Kammer in den Zylinder tragen.

Bei gleicher Einspritzdauer hat man es durch Wa des Voreinspritzwinkels in der Hand, die für die Kamme bestimmte Brennstoffmenge zu verändern und dadurch da Mischungsverhältnis von Brennstoff und Luft, hierdurc wieder die Vorexplosion in der Kammer und damit dere Abblasevermögen zu beeinflussen. Immer bleibt aber di für Zündung und Verbrennung in der Kammer so wesen liche Tatsache des Luftüberschusses bestehen.

Während bei andern Vorkammerverfahren der erst Teil der Brennstoffladung unter erheblichem Luftmang und demzufolge nur mit unvollkommener Drucksteigerun in der Vorkammer verbrannt wird und das Bestreben dahi geht, den Hauptteil der Ladung schon beim Durchspritze durch die Kammer in Abwesenheit von Sauerstoff stark z erhitzen, wenn möglich sogar pyrogen aufzuspalten, komm hier der erste Teil der Brennstoffladung unter größtmög licher Wirbelung sofort mit Sauerstoff im Überschuß i Berührung. Hierdurch kann man die Vorexplosion in de Kammer zeitlich und verbrennungstechnisch vollkomme beherrschen. Das Heranziehen der hohen Luftüberström geschwindigkeit in die Kammer zum Zerstäuben des ein gespritzten Brennstoffs erlaubt außerdem, mit geringer Pumpendruck zu arbeiten, da der Strahlzerfall nicht wi bei den Strahleinspritzmaschinen durch hohen Pumpen druck erzwungen zu werden braucht, sondern durch di Wirbelung erfolgt.

Auch die abblasenden Vorkammergase enthalten noc eine große Menge an freiem Sauerstoff, der sofort de Hauptverbrennung im Zylinder und dem hierfür bestimm ten zweiten restlichen Teil der eingespritzten Brennstoff menge zugute kommt. Deshalb erfolgt diese innerhalb kur zer Zeit, vergl. Abb. 10, nach bester Vorbereitung der ein zelnen Brennstoffmoleküle.

Da die Zündbedingungen in der Vorkammer bei den gewählten Arbeitsverfahren außergewöhnlich günstig lie gen, so erklärt es sich, daß die Maschine ohne baulich Änderungen auch Schweröle mit hohem Zündpunkt rasc und sicher verbrennt.

Als Maß für die Stärke der Wirbelung dient die Strö mungsenergie des in die Kammer eintretenden Luftstrah les. Diese beträgt für den Verdichtungshub 8,3 mkg. Au 1 PS_e bezogen, ergibt das 0,46 mkg/PS_e. Zum Vergleic seien die Werte angeführt, die ich früher[3]) bezüglich de durch die Einblaseluft eines 50 PS-Motors hervorgerufene Wirbelung ermittelt habe. Hier ergab sich als Strömungs energie, auf 1 PS_e bezogen, 0,30 mkg/PS_e. Man sieht, da bei der hier behandelten kompressorlosen Maschine di Wirbelung um 50 vH stärker ist. Auf die insgesamt ein gespritzte Brennstoffmenge bezogen, erscheint die Wirkung des Luftstrahles auf die Zerstäubung für die Vorkammer maschine bei dem angegebenen Verfahren noch günstiger Die Wirbelung in der Vorkammer und das Abblasever

[2a]) Forschungsheft Nr. 264.

[3]) Z. Bd. 67 (1923) S. 755.

nögen der Kammer lösen zusammen eine Strömungsenergie von 14,3 mkg aus. Die eingespritzte Brennstoffmenge beträgt $0{,}416 \cdot 10^{-3}$ kg: Daher ist $E = 34\,300$ mkg bezogen auf 1 kg Brennstoff, während für die Lufteinblasemaschine nur 8970 mkg/kg verfügbar sind.

Bedenkt man, daß in beiden Fällen die Brennstofftröpfchen während der Zerstäubung vorzugsweise mit reiner Luft in Berührung sind, so erhellt, daß der Brennstoff in der Vorkammermaschine bis zum Eintritt der Verbrennung auf jeden Fall nicht schlechter als in der Lufteinblasemaschine vorbereitet wird. Die Zündung dürfte bei der Vorkammermaschine wegen des Wegfalles der abkühlenden Wirkung der Einblaseluft sogar besser sein.

Auch daß die Relativgeschwindigkeiten zwischen Brennstoff und Luft bei der untersuchten Vorkammermaschine nicht kleiner als bei der klassischen Dieselmaschine sind, spricht für gute Zerstäubung des Brennstoffes. Wesentlich ist allerdings, daß der Brennstoff gerade in dem Zeitpunkt in die Kammer eingespritzt wird, in dem $\frac{dE}{d\alpha}$ seinen Höchstwert erreicht.

Von der Abblaseenergie der Kammer, gerechnet vom Augenblick der Zündung bis zum Druckausgleich zwischen Vorkammer und Zylinder, hängt der zeitliche Verlauf der Hauptverbrennung in der Maschine und damit im wesentlichen der eigentliche Arbeitsprozeß der Maschine ab; sie ist. s. S. 1244 r. Sp.,

$$E'' = \frac{\mu f}{2 g\, 6 n R} \int_{\alpha_z}^{\alpha} \frac{P_1 w_1^3}{T_2 \left|\frac{p_1}{p_2}\right|^{\frac{m-1}{m}}} d\alpha \text{ mkg.}$$

Bei unveränderlicher Drehzahl wird der Kammerdruck p_2 eine Funktion des Luftüberschusses, mit dem der in die Vorkammer eingeführte Teil der eingespritzten Brennstoffmenge dort verbrennt. Je kleiner dieser Teil ist, um so geringer ist der Wärmeinhalt der Vorkammerladung, und um so kleiner ist p_2. Dann wird aber der auf den Zylinder entfallende Teil der Brennstoffmenge größer und der durch die Verbrennung ausgelöste Zylinderdruck höher. Hierdurch vermindert sich aber die Abströmgeschwindigkeit w_1 der verbrannten Vorkammergase, da diese in erster Linie vom Druckunterschied $p_2 - p_1$ abhängt.

Zur Erzielung größter Abblaseenergie der Kammer wählt man die Einspritzverhältnisse, d. h. die Aufteilung der je Arbeitspiel insgesamt eingespritzten Brennstoffmenge B_{Spiel} in den Vorkammeranteil B_z und den Zylinderanteil $B_{\text{Spiel}} - B_z$ kg, so, daß p_2 im Vergleich zu p_1 und damit w_1 möglichst hoch wird. Dann ergibt sich als weiterer Vorteil eine kurze Abblasezeit, wodurch die Hauptbrennstoffmenge nahe an oder kurz hinter dem Totpunkt in den Zylinder eingespritzt wird, was für die rasche Verbrennung zu Beginn des Expansionshubes günstig ist. Niedrige Kammertemperatur T_2 vergrößert das Gewicht der abströmenden Vorkammergase und damit auch das Arbeitsvermögen der Kammer, steht jedoch im Gegensatz zur sichern Zündung in der Kammer.

Das Arbeitsvermögen der abblasenden Vorkammergase ist zeitlich stark veränderlich. Man sieht, daß nahe dem Totpunkt gerade in dem Augenblick, in dem der Brennstoff in den Zylinder eingespritzt wird, $\frac{d\Sigma E''}{d\alpha}$ einen ausgesprochenen Höchstwert hat. Der zeitliche Mittelwert der Strömungsenergie wird hier um ein Vielfaches überschritten, die Wirbelung demnach stark erhöht, was für die Hauptverbrennung im Zylinder bedeutungsvoll ist. Wie in der Vorkammer fällt auch hier im Zylinder die Einspritzung des Brennstoffs zeitlich mit diesem Hauptwirbel zusammen, und hierin dürfte eine wesentliche Ursache für die guten verbrennungstechnischen Eigenschaften der Maschine liegen.

Die zeitliche Aufeinanderfolge der Verbrennungsphasen kann man für die Vorkammer leicht angeben: Da der Beginn der Brennstofförderung durch die Pumpe bei 17, der Einspritzbeginn bei 13, die Zündung bei 5° vor dem Totpunkt und der Höchstdruck in der Kammer bei 5° hinter dem Totpunkt liegt, so beträgt, entsprechend $z = \frac{\Delta\alpha}{6n}$, der Einspritzverzug $1{,}92 \cdot 10^{-3}$ s und der Zündverzug $3{,}84 \cdot 10^{-3}$ s. Die Hauptverbrennung in der Kammer ist in $4{,}8 \cdot 10^{-3}$ s beendet. Daß der Zündverzug von rd. $\frac{1}{250}$ s ziemlich groß ist trotz der hohen Temperatur und großen Gasdichte in der Kammer, liegt daran, daß der in den Kanal eingespritzte Brennstoff zunächst in die Kammer zurückgeworfen werden muß, bevor er die Vorbedingungen zur Zündung findet. Hierzu ist aber ein Kurbelwinkel von 8° oder die Zeit von $3{,}84 \cdot 10^{-3}$ s notwendig.

Für die Hauptverbrennung im Zylinder lassen sich Einzelheiten nicht angeben. Fest steht, daß die Aufbereitung des Brennstoffes bis zur Verbrennung nicht etwa beim Durchgang durch die Kammer und den Kanal erfolgt. Denn der Weg und die Zeit sind hierzu viel zu kurz.

Das Nacheilen der Verbrennung hinter der Einspritzung, vergl. die $x B_a$-Linie im Vergleich zur Einspritzlinie B_a in Abb. 10, zeigt deutlich, daß die Wandlung des zunächst flüssigen Brennstoffes im Zylinder selbst erfolgt.

Im zeitlichen Verlauf der Hauptverbrennung im Zylinder unterscheidet sich die Vorkammermaschine nicht von der Lufteinblasemaschine, bei der sich, wie ich früher[4]) festgestellt habe, die Verbrennung in ganz ähnlicher Weise abspielt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Verbrennung im Zylinder kann man durch Differentation die Brenngeschwindigkeit $\frac{d(x B_a)}{d_z}$ g/s berechnen. Vom Beginn des Einspritzens in den Zylinder strebt die Brenngeschwindigkeit sehr rasch einem Höchstwert zu, der offenbar mit dem Zeitpunkt bester Zerstäubung (größter Oberfläche des Brennstoffnebels) und höchster Temperatur des Prozesses zusammenfällt. Dann nimmt der Einblasewirbel der Vorkammer $\frac{d\Sigma E''}{d\alpha}$ und dadurch die Zerstäubung stark ab. Weiterhin sinkt infolge der Arbeitsleistung der Maschine die Temperatur des Zylinderinhalts, wodurch sich die Brenngeschwindigkeit verlangsamt, zumal auch bei 31° Kurbelwinkel die Einspritzung beendet ist und die leicht oxydierbaren Gasölbestandteile sehr rasch wegbrennen.

Alle diese Erscheinungen sprechen mit Sicherheit dafür, daß die für den Zylinder bestimmte Brennstoffmenge $B_{\text{Spiel}} - B_z$ für ihre vorbereitende Umwandlung bis zur Verbrennung Wärme weder in der Kammer noch im Kanal, sondern ausschließlich im Zylinder selbst aufnimmt.

Die Wärmeabfuhr an das Kühlwasser ist bei Vorkammermaschinen von kleiner Leistung größer als bei Strahleinspritzmaschinen der gleichen Größe. Hiermit ist jedoch keine Einbuße an wirtschaftlichem Wirkungsgrad η_{te} verknüpft, da mit steigender Wärmeabfuhr an das Kühlwasser der Abgasverlust kleiner wird. Für die untersuchte Maschine beträgt das Verhältnis von Kühlwasserwärme zu Abgaswärme $\frac{q_k}{q_z} = 1{,}72$, vergl. die Wärmebilanz, S. 1243. Am Kühlverlust ist die Kammer nur in untergeordnetem Maße beteiligt. Der Kühlverlust der Kammer beträgt 8,6, der des Verbindungskanals 5,7 vH, während der Rest von 85,7 vH auf den Zylinder entfällt. Es läßt sich leicht nachrechnen, daß während eines Viertaktspiels die Wärme an die Zylinderwand in überwiegendem Maße während der Verbrennung übergeht, in der, wie oben gezeigt wurde, der durch die Vorkammerverbrennung im Zylinder ausgelöste Wirbel seine größte Stärke $\left(\frac{d\Sigma E''}{d\alpha}\right)_{max}$ erreicht.

Bei kleinerem Brennrauminhalt, wie bei Maschinen von kleiner Leistung, macht sich aber der Einfluß der Wirbelgeschwindigkeit der verbrennenden Ladung auf den Wärmeübergang an die zugehörigen Wandflächen des Brennraumes stärker bemerkbar als bei großen Maschinen. Das beweisen Versuche im Jahre 1925 an einer liegenden Zweizylinder-Vorkammermaschine, Bauart Körting, von 300 PS_e. Die Maschine hat $s = 850$ mm, $d =$

[4]) Forschungsheft Nr. 245, Abb. 14.

495 mm, $V_h = 163{,}7$ l, $n = 160$ U/min. Die Messungen ergaben bei Vollast folgende Wärmebilanz:

	I. Zyl.	II. Zyl.
Nutzleistung q_e	0,356	0,359
Reibungsleistung q_ϱ	0,051	0,052
Kühlwasser q_k	0,286	0,280
Auspuffgase q_z	0,268	0,301
Rest q_r	0,039	0,008
Σq	1,000	1,000

Im Mittel ist daher die an das Kühlwasser abgeführte Wärme gleich der Auspuffwärme der Maschine, wie etwa bei Strahleinspritzmaschinen von gleicher Leistung. Mit $\eta_{te} = 36$ vH wirtschaftlichem Wirkungsgrad zeigt die Maschine, daß das Vorkammerverfahren auch für größere Zylinderleistungen der Druckeinspritzung gleichwertig ist.

Während für die 18 PS_e-Einzylindermaschine des Laboratoriums der Kühlverlust 42,4 vH betrug, ging er für die Maschine von 150 PS_e Zylinderleistung auf 28,3 vH, demnach auf ⅔ zurück. Das Verhältnis von Oberfläche zu Inhalt des Brennraumes beträgt für diese Maschinen $\frac{O}{V} = 150$ bzw. 44,8. Setzt man in erster Annäherung die Kühlverluste diesem Verhältnis und der Zeit direkt, d. h. der Drehzahl umgekehrt proportional, so ergibt sich

$$\frac{Q_{k_{18\,PS}}}{Q_{k_{150\,PS}}} = 1{,}54,$$

d. i. der gleiche Wert, der sich aus den gemessenen Kühlverlusten

$$\frac{q_{k_{18\,PS}}}{q_{k_{150\,PS}}} = 1{,}50$$

berechnet. Der höhere Wärmeverbrauch der Laboratoriummaschine für 1 PS_eh liegt deshalb nicht am größeren Kühlverlust, sondern an der verhältnismäßig großen Einspritzdauer. Bei Verwendung eines andern Brennstoff-Pumpennockens geht der spezifische Verbrauch auf den Wert zurück, der Vorkammermaschinen dieser Größe zukommt.

In meiner Darstellung habe ich nur auf einige Punkte Bezug genommen, deren Aufhellung mir zur Zeit am wichtigsten erschien, und wofür die Versuche eine genügend sichere Grundlage boten. Die Entwicklung zum Schnelllauf, die den Kraftmaschinenbau heute beherrscht, zwingt dazu, die Dynamik der Verbrennungsvorgänge in den Vordergrund der Betrachtung zu rücken. Denn je kürzer die verfügbaren Zeiten sind — bei Maschinen mit hoher Drehzahl betragen sie nur wenige Tausendstel Sekunden — um so rascher muß der chemische Umsatz in der Verbrennungsmaschine erfolgen, um hohe Brennstoffausnutzung zu erreichen.

Für die schnellaufende Dieselmaschine muß das Vorkammerverfahren vorteilhaft sein, da rasche Wärmeübertragung an den eingespritzten Brennstoff bei guter Zerstäubung durch hohe Temperatur und lebhafte Wirbelung mit einfachen Mitteln erreicht werden kann. Je rascher dem Eintritt der Zündung durch den Zerfall des Moleküles die Gasbildung folgt, desto schneller spielt sich anschließend die Verbrennung ab, desto weniger fallen die Wärmeverluste nach außen ins Gewicht.

Die Entwicklung der Vorkammermaschine bis zu ihrer heutigen Form umfaßt eine lange Zeitspanne. In ihren Anfängen geht diese Entwicklung bis auf die Tätigkeit Diesels zurück. Ich halte den Gipfelpunkt dieser aufsteigenden Linie noch nicht für erreicht. Wie so oft in der Technik eilte in der Gestaltung die schaffende Praxis der wissenschaftlichen Erkenntnis voraus. Es ist jedoch zu hoffen, daß die fortschreitende Einsicht in das Wesen des Arbeitsverfahrens dieser Maschine dazu beiträgt, die Ausnutzung unserer Kraftstoffe in der Zukunft auch für diesen Maschinentyp noch günstiger zu gestalten.

In der Verwendung der Schweröle mit hohem Zündpunkt und großem Kohlenstoffgehalt ist die Vorkammermaschine der Strahleinspritzmaschine überlegen. Ihre Betriebsicherheit auch unter schwierigen Verhältnissen steht außer Frage. [B 1656]

Albert Fliegner †

Am 21. April 1928 starb der frühere Professor der Maschinenlehre an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Dr. phil. h. c., Dr.-Ing. E. h. Albert Fliegner, dessen Name insbesondere mit der Dampfforschung und der Neuberechnung der Dampftafeln eng verknüpft ist. Fliegner wurde am 15. September 1842 in Warschau geboren, studierte Maschinenbau in Zürich, wurde 1867 schweizerischer Staatsangehöriger und Assistent am Eidgenössischen Polytechnikum und im Jahre 1871 ebendort Nachfolger von Prof. Zeuner, als dieser die Leitung der Technischen Hochschule in Dresden übernahm. Nach 41jähriger Lehrtätigkeit zog sich Fliegner im Jahre 1912 nach Lugano in den Ruhestand zurück. Seine wissenschaftlichen Arbeiten[1]) betrafen in der Hauptsache die Strömung elastischer Flüssigkeiten und Untersuchungen über die hydraulischen Widerstände der Wasserturbinen. Dann befaßte er sich mit der Theorie der Lokomotiven, deren Umsteuerungen er in einem 1881 erstmalig herausgegebenen Lehrbuch mittels rein graphischer Verfahren behandelte. Dieses Werk, das 1900 eine zweite Auflage erlebte, hat der Verfasser 1920 noch einmal umgearbeitet, aber nur als Handschrift der Bibliothek der Technischen Hochschule zur Aufbewahrung übergeben. Bemerkenswert waren noch die Untersuchungen Fliegners über die Widerstände in der Leuchtgas-Fernleitung zwischen Rorschach und St. Gallen.

Albert Fliegner
geb. 15. Sept. 1842, gest. 21. April 1928

Persönlich war Fliegner ein liebenswürdiger Mensch bester Umgangsformen, dem jedoch seine schwankende Gesundheit Zurückgezogenheit auferlegte. Vielleicht war es eine Nachwirkung seiner als frühe Waise erlebten Vereinsamung, daß er auch gegenüber seiner Hörerschaft eine gewisse Distanz innehielt. Sein tadellos klarer Vortrag und die Erfahrung, daß man bei ihm auf gerecht - wohlwollende Beurteilung rechnen konnte, sicherten ihm die Achtung und Anhänglichkeit der Studierenden.

Fliegner war einer der letzten Vertreter der sogenannten „Theoretischen Maschinenlehre", die nach dem Vorbild von Zeuner und Grashof alle der Berechnung zugänglichen Kapitel des hydraulischen und kalorischen Kraftmaschinenbaues, einschließlich Kinematik, Lokomotivbau, ja Bergbahnen umfaßte. Die neuere Entwicklung der Hochschulen zielt mehr auf Vereinigung der wissenschaftlichen und praktischen Behandlung in der Hand von Fachdozenten, was den Unterricht anziehender und fruchtbarer gestaltet. Die intensive wissenschaftliche Forschungsarbeit auf allen Gebieten der Technik birgt die Gefahr, daß der Dozent und mit ihm die Studierenden einer zu weit getriebenen „Spezialisierung" anheimfallen. Dieser Übelstand dürfte indessen durch geeignete Prüfungsordnungen, insbesondere wohl durch Ausbau der Lehrpläne für die zu wissenschaftlicher Arbeit berufenen Ingenieure, bekämpfbar sein. [N 1959]

A. Stodola

[1]) Die vollständige Liste seiner Veröffentlichungen, die im „Zivil-Ingenieur", der „Schweiz. Bauzeitung" und der „Vierteljahrschrift der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft" erschienen sind, wird das Herbstheft der letztgenannten Zeitschrift enthalten.

Betriebsüberwachung durch Plankostenrechnung

Von Dipl.-Ing. Zeidler, Berlin[1])

(Hierzu Taf. 5 und 6)

Grundlegende Gesichtspunkte für die technische Überwachung und Leitung eines Industriebetriebes mittels Plankosten (standard costs), ihre Wirtschaftlichkeit und Vorzüge gegenüber der üblichen Selbstkosten-(Nach)Rechnung. An einem einfachen Beispiele (Fabrik für Kraftwagenmotoren) wird die praktische Durchführung kurz dargestellt; Abbildungen erläutern das Ineinandergreifen der einzelnen Rechnungsvorgänge: Die Aufstellung des Gesamtkostenplanes, Berechnung der Plan-Gemeinkosten, der planmäßigen Werkstoffkosten und Fertigungslöhne nach den Unterlagen der Arbeitsvorbereitung und die Überwachung des Betriebes.

Wirtschaftlichkeit der Plankostenrechnung

Gegenüber dem Auftrag-Abrechnungsverfahren unsrer Selbstkostenrechnung war der Gedanke der Plankosten (standard costs) eine umstürzende ‍euerung; handelte es sich doch darum, an Stelle nach-rräglicher Kostenermittlung abgeschlossener Arbeiten ‍inen kostenmäßigen Einblick in Betriebsablauf und ‍rfolg durch im v o r a u s aufgestellte Kostenzahlen zu ‍ewinnen. Solche als Richtwerte eingeführte Zahlen sind ‍ie Plankosten; ihr Vergleich mit tatsächlich entstan-‍enen Kosten im Rahmen eines geschlossenen Verfahrens ‍st das Wesen der Plankostenrechnung, also einer Art ‍aushaltplan-Wirtschaft des industriellen Unternehmens. ‍ie Anschaulichkeit dieses Vergleichens ist der Vorzug ‍er Plankostenrechnung, die damit nicht nur der Unter-‍ehmensleitung, sondern auch jedem technischen oder kauf-‍ännischen Abteilungsleiter, jedem Meister und Arbeiter ‍n D e n k e n i n W e r t e n eindringlich nahe bringt. ‍amit führt die Plankostenrechnung nicht nur zu einer ‍änzlich veränderten Selbstkostenrechnung, sondern oft zu ‍ner ganz neuen Geistesrichtung im Betriebe.

Diese Wirkung der Plankostenrechnung, daß sie alle ‍lieder eines Unternehmens zu planmäßigem Voraus-‍licken in die Zukunft erzieht, ist besonders wichtig; denn ‍e Kunst des Voraussehens ist immer ausschlaggebend ‍ir den geschäftlichen Erfolg gewesen. Plankosten be-‍euten Übertragung wissenschaftlicher Betriebsführung ‍uf die Buchhaltung und Kostenrechnung, denn wissen-‍haftliche Betriebsführung heißt vorausdenkende Ar-‍eitsreglung.

Jede Selbstkosten - N a c h rechnung muß notwendiger-‍eise — von den erheblichen Aufwendungen abgesehen, ‍e sie bei genauer Durchführung erfordert — den Er-‍gnissen nachhinken und ein Betriebsleiter, der seine ‍etzten" Selbstkosten nachprüfen will, ist stets nur auf ‍ergleiche mit früheren ebenso zufälligen Kosten ange-‍iesen; er kann aber daraus nie ersehen, wie hoch sie ‍gentlich sein sollten oder dürften. In einem Betriebe ‍it genauer Plankostenrechnung aber erhält der Be-‍iebsleiter t ä g l i c h oder e i n i g e M a l e w ö c h e n t-‍c h von allen Abteilungen den „Lohnkontrollbericht", ‍rgl. Abb. 3, Vordruck P, der in farbigen Zahlen jede ‍ber- oder Unterschreitung der Plankostenzahlen des Vor-‍ges anzeigt. Wenn er dann daran geht, mit dem Be-‍ebsingenieur oder Meister über die Ursachen jeder Über-‍hreitung zu sprechen, kann er sicher sein, daß sie schon ‍n selbst für Abhilfe gesorgt haben. Denn jeder von ‍nen erhält regelmäßig die Berichte seiner Abteilung, und ‍s Bewußtsein, daß jede Überschreitung am nächsten ‍rgen auf dem Schreibtische des Betriebsleiters in roten ‍hlen, aber auch jede Unterschreitung in andrer Farbe ‍s Anerkennung erscheint, wird zu steter Aufmerksam-‍it zwingen.

Eine richtig aufgebaute Plankostenrechnung liefert ‍so nicht allein die Unterlagen für die Verkaufskalku-‍ion und für Monatsbilanzen, sondern auch s o f o r t i g e ‍chweise jeder Leistungsminderung oder Verlustquelle ‍ Betriebe. Trotzdem ist die Plankostenrechnung viel ‍lliger als eine lückenlos ausgebaute Selbstkosten-Nach-‍hnung. Das kommt daher, daß sie einen großen Teil ‍d sonst nötigen Schreibarbeiten entbehrlich macht, denn ‍d Plankosten-Verfahren erfordert

1. keine Einzelermittlung des Werkstoffverbrauchs,
2. keine Verteilung der Werkstoffkosten auf die einzelnen Aufträge,
3. keine Ermittlung des Zeitverbrauchs der einzelnen Arbeitsgänge,
4. keine Verteilung der Fertigungslöhne auf Teil- und Zusammenbau-Abrechnungskarten,
5. keine Durchschnittskostenrechnung für Teilaufträge,
6. keine Übertragung der Einzelteilkosten in die Zusammenbau-Abrechnungen und
7. keine Verteilung der Gemeinkosten auf Teil- und Zusammenbau-Aufträge.

Das Plankostenverfahren kann deshalb auch da noch mit Erfolg angewendet werden, wo z. B. wegen der großen Zahl und Unterschiedlichkeit der Erzeugnisse eine vollständige Selbstkostenrechnung an dem Übermaße der Schreibarbeit scheitert und der große Aufwand in keinem Verhältnis zu deren Ergebnissen steht.

Einführung der Plankostenrechnung

Die Einführung der Plankostenrechnung geht in drei Hauptstufen vor sich: Planung des Aufbaues, Ermittlung der Planzahlen, Durchführung.

Oft genug werden verschiedene Organisations-„Systeme" zusammengeflickt, die sich die einzelnen Abteilungen ohne Rücksicht auf die Bedürfnisse der andern zurechtgemacht haben: ein Mangel an planmäßiger Abstimmung, der immer teuer ist. Es gibt nur einen richtigen Weg, ein Kostenrechnungsverfahren oder eine andere Organisation aufzubauen: das ist, sie vollständig aufzuzeichnen, wie der Konstrukteur seine Maschine auf dem Zeichenbrett entwirft.

Plankosten zu ermitteln, ist oft eine umfangreiche Arbeit; es sind Plankosten-Unterlagen für Werke berechnet worden, die 50 000 verschiedene Dinge herstellen, in andern Fällen berechnet ein Mann in ein paar Tagen alle Planzahlen für sein Werk. Man muß sich immer vor Augen halten, daß bei der Selbstkosten-Nachrechnung die Abrechnung j e d e s M a l nach Fertigstellung eines Auftrages gemacht werden muß, bei der Plankostenrechnung aber nur e i n m a l , solange Entwurf, Fertigungsverfahren und Löhne sich nicht ändern. Zudem können die Ergebnisse der früheren Selbstkostenrechnung meist bei der Berechnung der Planzahlen verwendet werden, was die Umstellung wesentlich erleichtert.

Gesamtkostenplan und Gemeinkostenverrechnung

Die Verrechnung der Gemeinkosten ist immer der Prüfstein des betrieblichen Rechnungswesens; während die richtige Erfassung von Werkstoffkosten und Fertigungslöhnen kaum Schwierigkeiten bietet, will es trotz aller Mühen nicht gelingen, die Gemeinkostenverrechnung über den Grad mehr oder weniger sorgfältiger Schätzung hinauszuheben. Denken wir an die Umlegung der Kraftkosten, die Monat für Monat überall in den Betrieben mit immer neuer Hingabe versucht wird, oder an die Verteilung der Direktionsgehälter auf die Fertigungsabteilungen: Stehen Mühe und Aufwand für alle, notwendigerweise nur angenäherten Gemeinkostenrechnungen, wirklich im Einklang mit den erzielten Ergebnissen? Unsere Verkaufspreise werden doch von andern Gesichtspunkten bestimmt; die Betriebsüberwachung ist aber mittels der Plankostenrechnung bei geringerem Aufwand mit mindestens gleichem Erfolge zu erzielen.

Abb. 1 zeigt die grundlegenden Aufstellungen für eine Plankostenrechnung, die das monatliche Umlegen

---

[1]) Nach einer Aufsatzreihe: „Installing Standard Costs" von G. Charter H r r i s o n, „Manufacturing Industries" Bd. 13 (1927) S. 425 u. f. und B 14 (1927) S. 23 u. f. Von diesem Aufsatz werden Sonderdrucke hergest t und durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, zu ezieben sein.

der Gemeinkosten auf die Erzeugnisse ganz überflüssig macht. Das Verfahren wird zunächst für Werke mit gleichartigen Erzeugnissen (hier für Kraftwagenmotoren) gezeigt. Der Gesamtkostenplan, Vordruck A, enthält die grundlegenden Vorausschätzungen der monatlichen Umsätze, Aufwendungen und Gewinne für das kommende Jahr[2]). Er gibt also jeder Abteilung des Unternehmens ausführliche und wohlbegründete Richtlinien: der Verkaufsleiter hat nach den Erfahrungen der Vergangenheit und auf Grund seiner Beurteilung der voraussichtlichen Marktlage die Umsatzmengen für alle Erzeugnisse geschätzt, die für die nächsten Monate geltenden Plan-Verkaufspreise sind sorgsam festgelegt worden, die Plankosten für Werkstoffe und Fertigungslöhne sind als bereits bekannt vorauszusetzen; ihre Ermittlung wird im folgenden Abschnitt dargestellt werden. Die monatlichen Soll-Gemeinkosten werden aus der Plan-Gemeinkostentafel, Vordruck B, entsprechend den Linien 5 und 6 übertragen. Im Vordruck B ist es zunächst nötig, die 52 Lohnwochen in möglichster Anpassung an den Kalender auf die Monate zu verteilen, um danach die in Vordruck D errechneten „wöchentlich fälligen festen Kosten" gemäß Linie 2 und 3 einzusetzen. Die monatliche Sollerzeugung (Verkaufswert) wird unter Berücksichtigung der Lagerbestände nach dem Sollumsatze schätzungsweise so festgelegt, daß der Betrieb möglichst gleichmäßig beschäftigt ist. Die jedesmalige Gegenüberstellung mit dem Sollumsatze ergibt dabei wertvolle Einblicke in die voraussichtliche Lagerbewegung. Die monatlich fälligen festen, also vom Beschäftigungsgrad unabhängigen Betriebsgemeinkosten werden in Vordruck C berechnet und entsprechend Linie 4 übertragen. Den unmittelbar mit der Erzeugung veränderlichen Betriebsgemeinkosten liegt die folgende Aufstellung zugrunde:

Auf die festgelegte jährliche Sollerzeugung im Verkaufswert von 1 000 000,— entfallen schätzungsweise an veränderlichen Kosten im Jahr:

Fehlarbeit (Ausschuß)	4 350,—
Beanstandungen an Lieferungen	6 000,—
Hilfs- und Betriebstoffe	20 000,—
Elektr. Kraft und Licht	6 500,—
Überstunden-Zuschläge	750,—
Instandhaltung der Maschinen und der Werkstatteinrichtung	2 300,—
Instandhaltung der Werkzeuge	4 500,—
Sonstige Kosten	19 760,—
Gesamt jährlich:	64 160,—.

Diese Summe bedeutet 6,416 vH der angenommenen Jahreserzeugung; mit diesem vH-Satze werden auf Grund der Monatswerte der Sollerzeugung die Planzahlen der veränderlichen Kosten berechnet.

Die Plankosten für Verwaltung und Allgemeines sind sämtlich als monatlich zu verrechnende feste Kosten betrachtet worden; ihnen liegt folgende Schätzung zu Grunde:

Gehälter für verantwortliche Angestellte	1475,—
Gehälter für Hilfskräfte	661,50
Schreibbedarf und Verbrauchstoffe	260,—
Postgebühren	196,50
Fernsprecher und Telegramme	136,—
Verschiedene Ausgaben	64,50
Rechtsberatung, Bücherprüfung	340,—
Aufwand der Direktion	214,75
Abschreibungen auf Bureaueinrichtung	240,—
Sonstige Ausgaben	731,75
Gesamt monatlich:	4320,—

Die „festen" Vertriebskosten sind monatlich geschätzt zu:

Reisekosten	640,—
Anzeigenwerbung	3000,—
Sonstiges	700,—
Gesamt monatlich:	4340,—

[2]) Die in der Abhandlung und den Abbildungen vorkommenden Kosten- und Wertzahlen sind nicht Mark und Pfennig, sondern als Beträge in beliebiger Währung anzusehen.

Die mit dem Umsatz „veränderlichen" Vertriebskosten sind für den gesamten Plan-Jahresumsatz in Höhe von 1 014 925,— folgendermaßen veranschlagt:

Provisionen	50 746,25
Verladelöhne	6 480,—
Packstoffe	4 824,—
Frachten	492,—
Sonstiges	13 714,27
Gesamt jährlich:	76 256,52

also auf 7,5135 vH des Sollumsatzes. Mit diesem vH-Satze sind die Monatswerte der veränderlichen Vertriebskosten ermittelt worden.

Die Plankosten für Kapitaldienst sind ebenfalls in „feste" und „veränderliche" geschieden; erstere enthalten z. B. den monatlichen Aufwand für Schuldverschreibungzinsen, letztere z. B. die monatliche Summe der voraussichtlichen Skontoabzüge und andern Nachlässe, die den Kunden gewährt werden.

Der Gesamtkostenplan schließt also mit einem Reingewinne von 105 244,74 ab und macht klar und zweifelsfrei ersichtlich, was jede Geschäftsabteilung, sei es Betrieb, Verwaltung oder Verkauf, zu tun hat, um diesen Reingewinn zu erzielen.

Jede Vorausschätzung und Wirtschaftsplanung hat aber wenig Wert, wenn nicht von der Direktion bis zur kleinsten Betriebsabteilung herab jeder verantwortliche Angestellte laufend darüber unterrichtet wird, wie sich seine wirkliche Leistung zu der veranschlagten Planzahl verhält und worauf jede Abweichung zurückzuführen ist. Weiter oben wurde bereits der tägliche Lohnkontrollbericht erwähnt, der die Betriebsleitung in den Stand setzt, gegen Verluste vorzugehen, ehe sie größeren Umfang annehmen. Mindestens ebenso wichtig für die Leitung ist der weiter unten behandelte monatliche Gewinnvergleich, aus dem nicht allein ersichtlich ist, welche Gewinnausfälle durch Zurückbleiben des wirklichen Umsatzes gegenüber dem veranschlagten oder durch Preisnachlässe entstanden sind, sondern auch, wie Änderungen der Herstellkosten, größere oder kleinere Umsätze in den am meisten Gewinn bringenden Erzeugnissen oder Schwankungen der Vertriebs- und Verwaltungsgemeinkosten auf den Gewinn gewirkt haben.

Planwerte für Werkstoffverbrauch und Fertigungslöhne

Der Grundgedanke der Plankostenrechnung, nur Abweichungen vom planmäßigen Betriebsablauf rechnerisch zu erfassen, ermöglicht, sie mit sehr geringem Aufwand durchzuführen. Die großen Ersparnisse dabei zeigen sich deutlich an den Erfahrungen eines Werkes, das bislang zehn Rechnungsbeamte für seine Selbstkostenrechnung brauchte, nach Einführung der Plankostenrechnung aber trotz Steigerung der Erzeugung auf das Doppelte, nur noch vier Angestellte.

Die Ermittlung der Planzahlen ist um so leichter, je besser in einem Betriebe Arbeitsvorbereitung und Betriebsorganisation ausgebildet sind. Abb. 2 zeigt, wie nach den Unterlagen der Arbeitsvorbereitung die schon für den Gesamtkostenplan in Abb. 1 gebrauchten Plankosten für Werkstoffe und Fertigungslöhne gewonnen werden. Schrittweise werden die Planwerte für jeden einzelnen Bauteil, für die aus mehreren Teilen bestehenden größeren Baugruppen und endlich für das ganze Erzeugnis errechnet; als Unterlagen für den Werkstoffverbrauch dienen dabei die Stücklisten, Vordrucke E und J, während die Fertigungslöhne aus den für die Werkstatt ohnehin nötigen Bearbeitungs- und Stücklohnlisten, Vordrucke G, H und K, hervorgehen.

In den Plankosten-Sammelkarten für 100 Teile, Vordruck F, oder 100 Baugruppen, Vordrucke I und L, strömen alle zugehörigen Planwerte zusammen. So werden beispielsweise auf Vordruck F die beiden Planwerte für einen oder 100 Zylinder Nr. 103 berechnet; dabei werden die einzelnen Bearbeitungsgänge nebst zugehörigen Stücklohnsätzen aus Vordruck G übertragen, Linien 8. In diesem ist, da alle Teile in Reihen von 50 Stück aufgegeben werden, der Einrichtelohnsatz immer für eine Reihe ein-

gesetzt, er wird also in der Plankosten-Sammelkarte F für 100 Teile = 2 Reihen verdoppelt, während der eigentliche (Bearbeitungs-) Stücklohnsatz in Vordruck G je Stück angegeben ist. Linie 9 zeigt eine Zeitlohnarbeit, für die der Planlohn nach besonderer Zeitmessung oder Schätzung eingesetzt wird. Rechts unten in Vordruck F werden die Planlöhne dann nach den Angaben im oberen Teil noch einmal nach Werkstattabteilungen aufgeteilt, Linie 10. Die gleiche Aufteilung findet sich auch in den Sammelkarten I und L wieder: Werkstattabteilung 2 = Dreherei, Werkstattabteilung 4 = Fräserei usf.

Im linken unteren Teil von Vordruck F werden die Plan-Werkstoffkosten zusammengestellt; auch für die Angabe der Werkstoffklasse ist eine Spalte vorgesehen, z. B. Grauguß = Klasse C. Diese Klassen erscheinen auch wieder in den Vordrucken I und L, wo sie näher bezeichnet sind. Als Planeinheitspreise werden meist die letzten Inventurpreise benutzt, wenn sie noch einigermaßen den Tagespreisen einschließlich aller Bezugskosten entsprechen, Linie 12.

Alle so ermittelten Planwerte für Werkstoffkosten und Fertigungslöhne bleiben solange wie möglich in Geltung; sie sollen nur geändert werden, wenn grundlegende dauernde Preisänderungen eintreten oder wenn die Stücklöhne infolge andrer Arbeitsverfahren oder Lohnsätze geändert werden. Solche Berichtigungen müssen naturgemäß gleichzeitig in den Vordrucken F und G bzw. H, I und K, L eingetragen werden, so daß in den Spalten „Abänderungen" von F, I, L (Rückseiten) stets der neueste Stand erkennbar ist.

In der gleichen Weise ermittelt man weiter die Planwerte für die Werkstoffe und Fertigungslöhne des aus Zylinder Nr. 103 und andern Teilen zusammengesetzten Zylinderteiles Nr. 103 A in der Plankosten-Sammelkarte I, Vor- und Rückseite (Unterlagen: Zusammenbau-Stückliste Vordruck E, Zusammenbau - Arbeitsgänge nach Vordruck H). Die Linien 7 und 13 deuten diese Übertragungen an; für einen der zusammenzubauenden Teile — Zylinder Nr. 103 — zeigt Linie 11 den Übergang der für die Einzelteile bereits berechneten Werte. Die durch das Zusammenbauen neu hinzukommenden Planlöhne werden von der Rückseite der Sammelkarte I gemäß Linie 14 auf die Vorderseite übertragen, so daß hier die unteren Summen die neuen Planwerte zeigen.

Dasselbe spielt sich zuletzt noch einmal beim Zusammenbau des ganzen 8 Zylinder-Motors Nr. 36 F ab: Übertragungen aus der Stückliste J und der Bearbeitungsliste K gemäß den Linien 16 und 17. Für den Zylinderteil z. B. waren die Plankosten schon errechnet; sie werden nach Linie 15 aus Sammelkarte I übernommen. Für die übrigen Teile erhält man die Werte ebenso. Die letzten Zusammenbau-Planlöhne werden auf dem Vordruck L (Rückseite) gesammelt, Linie 18.

Man sieht, daß die Endsummen der Spalten im Vordruck L (Vorderseite) eine Aufteilung der Plankosten der ganzen Maschine nach Werkstoffklassen und Werkstattabteilungen (für die Fertigungslöhne) enthalten. Das sind die Angaben, die in Zeile 4 des Gesamtkostenplans, Vordruck A, Abb. 1, als Grundlagen für die Werkstoff- und

Zahlentafel 1

Mehrkosten über Planwerte nach dem Bonusplan der General Motors-Corporation*).

Leistung des Arbeiters	Verbrauchte Zeit für eine vorgegebene (Plan-)Stunde	Bonus	Wirklicher Verdienst bei 1,— Stundenlohnsatz		Mehrkosten über Planverdienst, bez. auf wirklichen Verdienst
			gesamt Geldbetrag	je Stunde Geldbetrag	
vH	h	vH			vH
7	1,33	1,0	1,35	1,010	12,222
8	1,25	4,0	1,30	1,040	8,333
8	1,18	7,0	1,26	1,070	4,902
9	1,11	10,0	1,22	1,100	1,850
9	1,05	15,0	1,21	1,150	0,877
10	1,00	20,0	1,20	1,200	—
10usw.	0,98	22,4	1,20	1,224	—

*) Der im Betriebe benutzte Bonusplan ist für Leistungsunterschiede von 1 vH abgestuft; er ist hier gekürzt wiedergegeben. Die Arbeiter erhalten den vereinbarten Stundenlohn und einen Bonus für Mehrleistung nach der Tafel

Fertigungslohn-Plankosten der Sollumsätze verwendet sind, Linie 19 in Abb. 2, Linie 1 in Abb. 1.

Wenn die verschiedenen Abteilungen in ungefähr gleichem Maß an der Fertigung aller Erzeugnisse beteiligt sind, kann man von der nach Abteilungen verschiedenen Umlegung der Betriebsgemeinkosten absehen und überall den gleichen Verteilungssatz benutzen. In dem hier als Beispiel behandelten Werke zeigte sich nach genauer Untersuchung, daß unterschiedliche Gemeinkostensätze entbehrlich waren. Es ergaben sich somit die gesamten Plan-Herstellkosten des Motors 36 F durch Aufrechnung der Betriebsgemeinkosten nach Vordruck A, Abb. 1, mit den Werkstoff- und Fertigungslohn-Plankosten nach Vordruck L, Abb. 2:

Plan-Werkstoffkosten je Motor		161,34
Plan-Fertigungslöhne „ „		76,92
Gesamte Betriebsgemeinkosten nach Vordruck A . . . . jährlich	182 340,28	
Gesamte Plan-Fertigungslöhne für den Soll-Jahresumsatz nach Vordruck A	175 432,94	
Also Betriebsgemeinkosten in vH der Fertigungslöhne: $\frac{182\,340{,}28}{175\,432{,}94} = 103{,}94$ vH		
Auf einen Motor mit 76,92 Plan-Fertigungslöhnen also Betriebsgemeinkosten-Planzahl		79,95
Plan-Herstellkosten je Motor		318,21.

In dem bisher dargestellten Beispiele kommen nur die Lohnformen des Stücklohns und des Zeitlohns vor; ein Bonussystem wurde nicht benutzt, weil Bonus und Stücklohn schlecht zu vereinigen sind. Eine kurze Darstellung der Plankostenermittlung beim Bonussystem soll deshalb hier noch eingefügt werden. Dabei soll der bei etwa 20 Werken der General Motors-Corporation eingeführte Gruppen-Bonusplan nach Zahlentafel 1 zugrunde gelegt werden:

Die meisten Bonussysteme gehen davon aus, daß 100 vH Leistung eine angemessene Anstrengung des Arbeiters ist; dementsprechend werden die Plan-Fertigungslöhne für diese Leistung errechnet. Bei Arbeiten zu einem Stundenlohnsatze von 0,50 und einer Planvorgabezeit von 6 Stunden betragen also die Plan-Fertigungslöhne

Stundenverdienst 6 Stunden zu 0,50 . . .	3,—
20 vH Bonus	0,60
	3,60.

Eine Leistung über 100 vH ändert bei dem General Motors-Plan die Planlöhne nicht; Überschreitungen der Lohnplanzahlen kommen also nur bei Leistungen unter 100 vH vor. Es ergibt sich hieraus, daß Abweichungen der Fertigungslöhne von den Planwerten bei diesem Bonussystem nur von Arbeitern mit unzureichender Leistung herrühren können — eine sehr einfache Möglichkeit ständiger Leistungsüberwachung. Wenn z. B. ein Arbeiter mit 80 vH Leistung einschließlich des Bonus nur 19,50 verdient hat, so bedeutet das nach der Spalte rechts in Zahlentafel 1 Mehrkosten von 8,333 vH des wirklichen Verdienstes, also 19,50 × 0,0833 = 1,62 Mehrkosten über die Planzahl. Es ist hierbei selbstredend vorausgesetzt, daß der Stundenlohnsatz seit der Berechnung der Lohnplanzahlen unverändert geblieben ist; es ist aber sowieso üblich, daß bei einer Änderung der Lohnsätze die Lohnplanzahlen neu festgelegt werden.

Überwachung der Hilfslöhne

Aus den bisherigen Darstellungen wird der Sinn der Plankostenrechnung immer deutlicher geworden sein: Herausarbeiten der Abweichungen von der planmäßigen Kostengestaltung, die nur soweit, als unumgänglich nötig, rechnerisch erfaßt wird. Das Ergebnis ist große Vereinfachung der Rechen- und Bucharbeit gegenüber der üblichen Selbstkostenrechnung; die laufende Nachrechnung für die einzelnen Aufträge, Teile und Baugruppen wird überflüssig, die Werkstoffentnahmen aus den Lagern brauchen nicht mehr bewertet und vom Werkstoff-Vorratskonto auf das Konto „Halbfertige Erzeugnisse" und von dort auf das Fertiglagerkonto umgebucht zu werden. Auf eine ganze Anzahl von Ergebnissen unserer Selbstkostenrechnung wird also verzichtet, die aber auch entbehrlich sind, wenn man dafür auf so

einfache Weise neue, für die Kostensenkung wichtigere, unmittelbare Ergebnisse erhält, wie z. B. die ganz zwanglos erscheinende Überwachung der täglichen Leistungsschwankungen von Arbeitern oder Abteilungen, die Aufdeckung von Steigerungen der Einrichtelöhne bei Kurzarbeit (Fertigung kleinerer Reihen) oder von Erhöhungen der Werkstoffkosten durch Mängel der Einkaufsabteilung, alles Aufschlüsse, die die Selbstkostenrechnung so zwanglos nicht geben kann.

Abb. 3 zeigt das deutlich für die Verrechnung und Überwachung der Löhne. Den Ausgang bildet eine Zeitkarte (Kontrolluhrkarte), deren Außen- und Innenseiten in den Vordrucken M_1 und M_2 wiedergegeben sind. Die Karte wird beim Stempeln der Zeit in der Mitte gefaltet; im oberen Teile des Vordruckes M_2 werden — zur Erleichterung der Zeitausrechnung von unten nach oben — die im Laufe des Tages vom Arbeiter geleisteten Arbeiten eingetragen. In Zeile 1 z. B. steht eine Stücklohnarbeit: „obere Fläche an 20 Zylindern Nr. 103 fräsen"; der Stücklohnsatz = 0,115 und Einrichtelohnsatz je Normalreihe von 50 Stück = 0.25 werden nach Linie 21 aus der schon in Abb. 2 verwendeten Bearbeitungsliste, hier Vordruck G, entnommen. Da der Einrichtelohnsatz von 0,25 auch zu zahlen ist, obwohl nur eine Reihe von 20 Stück gefertigt wurde, während bei Fertigung der Normalreihe auf 20 Stück nur ein anteiliger Planwert von 0,10, Linie 23, entfallen würde, ergibt sich hieraus eine Überschreitung der Planzahl um 0,15. Zeile 2 enthält eine Zeitlohnarbeit: „Arbeitsgang 3 bei 50 Motoren Nr. 36 F", vergl. Vordruck K, Abb. 2, begonnen zur Anfangszeit 5,0, von 0 = Arbeitsbeginn 8 h morgens an gerechnet (vergl. Vorderseite des Vordruckes M_1). Da für die nachfolgende Arbeit in Zeile 3 als Anfangszeit 7,0 eingetragen ist, beträgt die für die Arbeit in Zeile 2 verbrauchte Zeit zwei Stunden, der Plankostensatz für diese Arbeit ist laut Vordruck L Rückseite, Abb. 2, 2,00, Linie 22, also für nur 50 Stück 1,00, während der verdiente Betrag bei einem Stundensatz von 0,52, oben in M_2, 1,04 ist. In Zeile 3 folgt eine Gemeinkostenarbeit, die im linken unteren Teile von M_2 näher aufgeführt ist; Zeitverbrauch 1 Stunde, verdienter Betrag somit 0,52, der dem Gemeinkostenkonto 3 zu belasten ist.

Im rechten unteren Teil von M_2 wird der vom Arbeiter verdiente Lohn berechnet. Zunächst wird von der Außenseite, M_1, die durch die Zeitstempelung nachgewiesene Tagesstundensumme = 12 Stunden eingetragen, Linie 20, hiervon gehen 2 Stunden für Fertigung im Zeitlohn und 1 Stunde Gemeinkosten-Lohnarbeit ab, so daß 9 Stunden für die Stücklohnarbeit bleiben, in denen laut Summe links oben 3,80 + 0,25 = 4,05 an Stücklöhnen verdient wurde. Dem Arbeiter war jedoch sein Stundenlohnsatz von 0,52 gewährleistet; das ergibt für 9 Stunden 4,68, d. h. es ist ihm noch ein Stücklohn-Zuschlag von 0,63 gutzuschreiben. Dazu kommt noch, da die Arbeit am Sonnabend nur 4 Stunden dauert, ein Überstundenzuschlag für 8 Stunden von 50 vH des Stundensatzes = 4 Stunden zu 0,52 = 2,08. Der Tagesverdienst des Arbeiters Nr. 16 beträgt also 8,32, sein Wochenverdienst mit den 5 vorhergehenden Tagen (Übertrag 27,—) 35,32.

Vordruck O dient zur täglichen Aufteilung der Hilfslöhne, und zwar getrennt nach Abteilungen. Es werden also übertragen der Lohn für die nach Zeile 3, Vordruck M_2, ausgeführte Arbeit zu Lasten des Gemeinkostenkontos 3 und — da Überstunden „nicht planmäßigen" Zeitaufwand bedeuten — die Überstundenzuschläge gemäß Linie 24. Entsprechend werden die Beträge aus den Zeitkarten der anderen in der betreffenden Abteilung beschäftigten Arbeiter eingesetzt; die Tages- und Monatssummen werden schließlich nach Linie 28 in den Lohnkontrollbericht, Vordruck P, übernommen.

Der Lohnkontrollbericht wird täglich oder zwei- bis dreimal wöchentlich zusammengestellt; er zeigt für jede Abteilung die täglich und die bis zu dem betreffenden Tage im Monat aufgelaufenen Stunden und Beträge: Zunächst die reinen Fertigungsstunden für Zeit- und Stücklohn, Überträge nach Linie 25, deren „Ist"- mit der „Soll"-Leistung verglichen wird. Die Stücklohnverdienste werden getrennt nach eigentlichem Stück- und Einrichtelohn eingetragen, Linie 26, wobei die Stücklohn-Zuschläge auf Grund vereinbarter Stundenverdienste hinzukommen und noch gesondert als ± gegen die Planzahl ausgewiesen werden. Die letztere Planzahl, nur aus den Stück- und Einrichte-Lohnbeträgen bestehend, enthält aber noch die nicht planmäßigen Abweichungen der Einrichtelöhne infolge Fertigung kleinerer oder größerer Reihen, statt der Normalreihe von 50 Stück. Diese Abweichungen zeigen die folgenden beiden Spalten: nach Linie 27 werden die Plankostenbeträge gesammelt, 8,50, und dem Betrage der vorhergehenden Spalte „Einrichtelohn", 13,—, gegenübergestellt; der Unterschied von 4,50 stellt die Überschreitung dar.

Es sind nun noch die Abweichungen in den Zeitlöhnen der unmittelbaren Fertigung auszuweisen; das geschieht gemäß Linie 29 für alle Arbeiten der Abteilung 1. Die einzutragenden Beträge werden am besten mittels Rechenmaschine aus der Lohnberechnung im Vordruck M_2 bestimmt; eine Nachprüfung ergibt sich aus dem Vergleich der nach Abteilungen zusammengerechneten Tagessummen von M_2 mit den Abteilungssummen in Vordruck P.

Die Planwerte für die Hilfslöhne ermittelt man auf folgende Weise: Im zweiten Abschnitt waren die unmittelbar mit der Erzeugung veränderlichen Betriebs-Gemeinkosten mit jährlich 64 160,— angegeben. Darin sind enthalten an Hilfslöhnen

für Beanstandungen an Lieferungen .	3000,—
„ Überstundenzuschläge	750,—
„ Instandhaltung von Maschinen . .	1300,—
„ Instandhaltung von Werkzeugen .	2000,—
„ Verschiedenes	4000,—
	11 050,—.

Nun betragen nach dem Gesamtkostenplan, Vordruck A, Abb. 1, die jährlichen Plan-Fertigungslöhne 175 432,94, d. s. 17,285311 vH des Sollumsatzes, also die jährlichen Plan-Fertigungslöhne für 1 000 000,— Sollerzeugung, Vordruck B, Abb. 1, 172 853,11. Die obigen 11 050,— Plan-Hilfslöhne sind 6,393 vH davon; für Januar 1927 ergeben sich aus Vordruck P, Abb. 3, die Plan-Fertigungslöhne:

Stück- und Einrichtelöhne	10 000,—
Zeitlöhne	500,—
	10 500,—
abzüglich Abweichungen der Einrichtelöhne von der Planzahl	50,—
	10 450,—

hiervon 6,393 vH sind 668,07 Plan-Hilfslöhne, denen 700,— wirkliche Hilfslöhne im Januar gegenüberstehen, Vordruck P unten, so daß sich eine Überschreitung um 31,93 ergibt. (Schluß folgt.) [B 1042]

Neues Gerät zum Prüfen von Pappen

Der Berstdruckprüfer nach Schopper-Dalén gestattet, gewisse für die Verpackungstechnik wichtige Eigenschaften von Pappe zu messen. Ein kreisförmiges Stück der zu prüfenden Pappe wird ähnlich wie ein Trommelfell wagerecht eingespannt, so daß die freie Fläche etwa 100 cm² beträgt. In den Hohlraum unter der Probe wird Luft eingeblasen, deren Druck an einem Manometer abgelesen werden kann. Über der Probe wölbt sich eine halbkugelige Glocke, deren unterer Rand zum Festhalten der Pappe dient. Die für die Beobachtung wichtigste Einrichtung ist ein Tasthebel, der gestattet, die Durchwölbung der Pappe zu messen. Die Bewegung dieses Hebels wird auf einen über einer Teilung spielenden Zeiger mit Schleppzeiger übertragen. Die Bedienung des neuen Gerätes soll so einfach sein, daß die Prüfung auch bald von völlig Ungeübten vorgenommen werden kann. Der Berstdruckprüfer kann auch zum Prüfen andrer Werkstoffe, wie Papier, Gewebe usw., benutzt werden. Bei sehr wenig festen Stoffen kann die Probe mit 8,04, 10, 50 oder 75 cm² freier Oberfläche ausgeführt werden. („Papier-Zeitung" 25. August 1928 Bd. 53 S. 2205)
[N 1997] Gsl.

Stückliste

Nr.	Benennung
1	/
2	
3	uben 5/8" × 48
4	/8"
5	
6	opfgruppe
7	schlußschrauben ½" × 22
8	ring
	eil
9	ring
10	uben 3/8" × 25
11	uben 3/8" × 38
	heiben 3/8"
12	
usw.	

Masch.Stückl.-Nr. 36 F

(8)

J

Zusammenbau-Stückliste

Arbeitsgang Nr	Stückzahl je Baueinheit	Teil- oder Baugruppen Nr.	Benennung
1	1	103	Zylinder
3	2	411	Lagerdeckel
2	8	116 X	Stiftschrauben 3/8" × 38
3	8	730 X	Splinte 1/16" × 20
3	8	469 X	Muttern 3/8"

E

Baueinheit: Zylinderteil Stückl.-Nr. 103A

Plankosten für 100 Baueinheiten

Baueinheit Nr 36 F

…e	E Fertig bezogene Teile	F Stanzteile	G Verschiedenes	Summe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe
	Werkstoffkosten				Plan. Fertigungslöhne, Werkstattabteilung										
0	3 20			1897 60	3 40	43 00	2 00	34 05	78 15	2 80	36 25	27 10	12 65	14 00	93 [illegible]
				16 00						2 40					2 40
				3 20						6 00					6 00
	36 00	25 00		1211 00		18 40	6 80	10 25			27 50	3 00			59 95
				7 20						60					[illegible]
	42 00			42 00											
0		54 00	8 50	1055 90	1 25	6 20			32 50		8 75		78 90	32 00	99 60
	78 50			18 50											
			12 60	12 60											
				3 00						12					12
	2 70			2 70											
0	3286 25	622 20	1773 05	11810 30	692 40	867 45	380 70	267 35	890 00	178 62	1894 60	360 05	197 45	1229 60	7008 22
…baulöhne (von der Rückseite)														321 77	321 77
0	3388 65	701 20	1794 15	16134 00	697 05	935 05	389 50	311 65	940 65	191 74	2367 10	390 15	229 00	1646 71	7692 00

L

Vorderseite

(78)

(79) siehe Zeile 4 des Gesamt-Kostenplans (Vordruck A, Abb. 1)

Bearbeitungs- und Stücklohnliste

Teil-Nr. 103 A Bezeichnung. Zylinderteil

Werkstoff: siehe Zusammenbau-Stückliste

	Einrichtelohnsatz	Stücklohnsatz	Arbeitsgang Nr.	Arbeitsgang
		0,04	1	Gew. schn. in Lagerbolzenlöchern
		Zeitlohn	2	Stiftschrauben einziehen
		0,065	3	Lagerdeckel anschrauben

H

Baueinheit: 8 Zylinder 36 PS Maschine

…k …tt…ig	Plan fertig-löhne	Abänderungen: Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl
	1 00										
	3 00										
	2 00										
	72 50										
	8 00										
	284 61										
	321 77										

L

Rückseite

Zeidler: Betriebsüberwachung durch Plankostenrechnung

Abb. 2 Ermittlung der Plankosten für Werkstoff und Fertigungslohn

Zusammenbau-Stückliste (E)

Arbeitsgang Nr	Stückzahl je Baueinheit	Teil- oder Baugruppen Nr.	Benennung
1	1	103	Zylinder
3	2	411	Lagerdeckel
2	8	116 X	Stiftschrauben 5/8" × 38
3	8	130 X	Splinte 1/16" × 20
3	8	469 X	Muttern 5/8"

Baueinheit: Zylinderteil   Stückl.-Nr. 103 A

Plankosten für 100 Teile (F)

Normale Reihenstückzahl: 50   Benennung des Teiles: Zylinder   Teil-Nr. 103

Arbeitsgang Nr.	Bezeichnung	Werkstatt-abteilung	Einrichtelohn Satz	Einrichtelohn je 100 Stück	Plan-bearbeitungslöhne	Abänderungen Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl
1	obere Fläche fräsen	4	0,25	0 50	11 50										
2	Bodenfläche fräsen	4			8 40										
3	Getriebekastenende fräs.	4			3 00										
4	Kühlmantelsitze fräsen	4			G 4 25										
5	Bohrung vorschruppen	2	0,30	0,60	16 00										
6	Querstück bohren	8	0,15	0,30	4 50										
7	Lagerbolzenlöcher bohren	8			3 00										
8	Lagerbolzenlöcher Gewinde schneiden	8			5 00	6/24	3 50								
9	Bohren, Reib, Gew. schneid 2-5/8" Löcher	8			4 30										
10	Reglerfläche fräsen	4	0,20	0,40	6 00										
11	Reglerschr.-Löcher bohren u. Gewinde schneiden	8			G 3 50										
12	Bohrung schlichten	2	0,45	0,90	13 00										
usw.	usw.				82 70										
	Summe Einrichtelöhne				2 70										
	gesamte Fertigungslöhne				168 35		166 85								
	Änderung der Planzahl						1 50								

G = grüne Zahlen = Zeitlohn

Plan-Werkstoffkosten

Arbeitsgang Nr	Werkstoffklasse	Bezeichnung	Planmenge	Einheit	Planpreis	Bruttowerkstoffkosten	Abfall Menge	Abfall Wert	Plan-Nettowerkstoffkosten
1	C	gegoss. Zyl. Mod. Nr. 101	100	Stck	18 00				1800 00
		Summe							1800 00

Abteilungs-Plan-Fertigungslöhne

Werkstattabteilung	Jahr 1927	Jahr 19	Jahr 19	Jahr 19
1	3 40			
2	38 50			
3				
4	34 05			
5				
6				
7	36 25			
8	27 10			
9	12 65			
10				
Sa	168 35			

Bearbeitungs- und Stücklohnliste (G)

Teil-Nr. 103   Bezeichnung Zylinder

Werkstoff: 101 RGI Grauguß

Einrichtelohnsatz	Stücklohnsatz	Arbeitsgang Nr	Arbeitsgang
0,25	0,115	1	obere Fläche fräsen
	0,084	2	Bodenfläche
	0,03	3	Getriebekastenende fräsen
	Zeitl.	4	Kühlmantelsitze fräsen
0,30	0,16	5	Bohrung vorschruppen
0,15	0,045	6	Querstück bohren
		7	[illegible]
	0,035	8	Lagerbolzenlöcher Gew. schneiden
	0,048	9	Bohr. Reib. Gew. schn. 2 Löcher 5/8"
0,20	0,06	10	Reglerfläche fräsen
	Zeitl.	11	Reglerschr. Löcher bohr. u. Gew. schn.
0,45	0,13	12	Bohrung schlichten
usw.	usw.	usw.	usw.

Bearbeitungs- und Stücklohnliste (H)

Teil-Nr. 103 A   Bezeichnung Zylinderteil

Werkstoff siehe Zusammenbau-Stückliste

Einrichtelohnsatz	Stücklohnsatz	Arbeitsgang Nr	Arbeitsgang
	0,04	1	Gew. schn. in Lagerbolzenlöchern
	Zeitlohn	2	Stiftschrauben einziehen
	0,065	3	Lagerdeckel anschrauben

Plankosten für 100 Baueinheiten (I)

Baueinheit Zylinderteil   Baueinheit Nr. 103 A

Arbeitsgang	Teilkenn-Nr	Stückzahl	A Rotguß	B Stahl	C Grauguß	D Schmiedestücke	E fertig bezogene Teile	F Stanzteile	G verschiedenes	Summe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe
1	103	1			1800 00					[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]
3	411	2				74 00				74 00		4 50	2 00		7 75						[illegible]
2	116 X	8		72 00						72 00						0 80					[illegible]
3	130 X	8					3 20			3 20											
3	469 X	8		8 40						8 40						2 00					2 00
Zusammenbau-Löhne (von Rückseite)										Vorderseite										14 00	14 [illegible]
	Sum			20 40	1800 00	74 00	3 20			1897 60	3 40	43 00	2 00	34 05	18 75	2 80	36 25	27 10	12 65	14 00	[illegible] 40

(Plan-Werkstoffkosten: A–G, Summe; Plan-Fertigungslöhne, Werkstatt-Abteilung: 1–10, Summe)

Baueinheit Nr. 103 A   Baueinheit Zylinderteil

Arbeitsgang Nr	Bezeichnung	Werkstattabteilung	Planfertiglöhne	Abänderungen Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl
1	Gew. schn. in Lagerbolz. Löcher	10	4 00								
2	Stiftschrauben einziehen	10	G 3 50								
3	Lagerdeckel anschrauben	10	6 50								
	Summe Fertigungslöhne		14 00								
	Änderung der Planzahl										

Rückseite

Zusammenbau-Stückliste (J)

Arbeitsgang Nr	Stückzahl je Baueinheit	Teil- oder Baugruppen Nr	Benennung
1	1	103 A	Zylinderteil
1	24	342 X	Stiftschrauben 5/8" × 48
1	24	368 X	Muttern 5/8"
4	1	209 A	Zylinderkopfgruppe
4	2	160 X	Wasseranschlußschrauben 1/2" × [illegible]
4	1	1602	Dichtungsring
5	1	302 A	Ölwannenteil
5	1	1622	Dichtungsring
5	12	172 X	Kopfschrauben 3/8" × 25
5	6	174 X	Kopfschrauben 3/8" × 38
5	18	502 X	Unterlegscheiben 3/8"
usw.	usw.	usw.	usw.

Baueinheit 8 Zylinder 36 PS Masch. Stückl. Nr. 36 F

Bearbeitungs- und Stücklohnliste (K)

Teil-Nr. 36 F   Bezeichnung 8 Zyl. 36 PS Masch.

Werkstoff siehe Zusammenbau-Stückliste

Einrichtelohnsatz	Stücklohnsatz	Arbeitsgang Nr	Arbeitsgang
	0,11	1	Stiftschrauben einziehen
	0,03	2	Löcher aufreiben
	Zeitlohn	3	Stiftschraubenlöcher Gew. nachschn.
	0,125	4	Zylinderkopf anbauen
	0,08	5	Ölwanne anbauen
usw.	usw.	usw.	usw.

Plankosten für 100 Baueinheiten (L)

Baueinheit 8 Zyl. 36 PS Masch.   Baueinheit Nr. 36 F

Arbeitsgang Nr	Teilkenn-Nr	Stückzahl	A Rotguß	B Stahl	C Grauguß	D Schmiedestücke	E Fertig bezogene Teile	F Stanzteile	G Verschiedenes	Summe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe
1	[illegible]	1		20 40	1800 00	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]						[illegible]						[illegible]					
	368 X	24		3 20						3 20						6 00					6 00
4	209 A	1			1150 00		36 00	25 00		1211 00		18 40	6 80	10 25			27 50	3 00			59 [illegible]
	160 X	2		1 20						1 20						60					[illegible]
	1602	1					42 00			42 00											
5	302 A	1	5 40		970 00	18 00		54 00	8 50	1055 90	1 25	6 20			32 50		8 75		18 90	32 00	99 60
	1622	1					18 50			18 50											
	172 X	12							12 60	12 60											
	174 X	6		3 00						3 00						12					12
	502 X	18					2 70			2 70											
usw.	usw.		66 80	106 00	2100 40	3925 60	3296 25	622 20	1773 05	11810 30	692 40	861 45	380 70	267 35	890 00	118 62	1891 60	350 05	197 45	1229 60	1008 [illegible]
Zusammenbaulöhne (von der Rückseite)											Vorderseite										
Sa			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

(Plan-Werkstoffkosten: A–G, Summe; Plan-Fertigungslöhne, Werkstattabteilung: 1–10, Summe)

Arbeitsgang Nr	Bezeichnung	Werkstatt-Abtlg.	Planfertiglöhne	Abänderungen Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl	Tag	neue Planzahl
1	Stiftschrauben einziehen		7 00										
2	Löcher aufreiben		3 00										
3	Stiftschraubenlöcher Gew. nachschn.		2 00										
4	Zylinderkopf anbauen		12 50										
5	[illegible]		[illegible]										
	usw.		284 6[illegible]										
	Summe der Fertigungslöhne		321 11										
	Änderung der Planzahl												

Rückseite

siehe Zeile 4 des Gesamt-Kostenplans (Vordruck A, Abb. 1)

Zeidler: Betriebsüberwachung durch Plankostenrechnung

Abb. 1
Anwendung der Plankosten zur Aufstellung des Haushaltplans

Gesamtkostenplan

Jahr 1927

Modell	Ausführung	Plan-Verkaufspreis	Plankosten je Maschine Werkstoff	Plankosten je Maschine Fertiglöhne	Januar Sollumsatz Stck	Januar Sollumsatz Wert	Januar Plankosten Werkstoff	Januar Plankosten Fertiglöhne	Februar Sollumsatz Stck	Februar Sollumsatz Wert	Februar Plankosten Werkstoff	Februar Plankosten Fertiglöhne	Dezember Sollumsatz Stck	Dezember Sollumsatz Wert	Dezember Plankosten Werkstoff	Dezember Plankosten Fertiglöhne	Gesamt Sollumsatz Stck	Gesamt Sollumsatz Wert	Gesamt Plankosten Werkstoff	Gesamt Plankosten Fertiglöhne
18 B	4-Zylinder 18 PS	200 00	73 20	40 64	35	7000 00	2562 00	1422 40	20	4000 00	1464 00	812 80	48	9600 00	3513 60	1950 72	444	83 800 00	32 500 80	18 044 16
24 [illegible]	6-Zylinder 24 PS	280 00	104 25	51 40	70	19600 00	7297 50	3598 00	40	11200 00	4170 00	2056 00	10	2800 00	1042 50	514 00	412	115 360 00	42 957 00	21 176 80
30 A	4-Zylinder 30 PS	310 00	109 24	61 87	40	12 400 00	4369 60	2474 80	40	12 400 00	4396 60	2474 80	36	11 160 00	3932 64	2227 32	303	93 930 00	33 099 72	18 746 61
36 F	8-Zylinder 36 PS	420 00	161 34	76 92	10	4200 00	1613 40	769 20	25	10500 00	4033 50	1923 00	5	2100 00	806 70	384 60	325	136 500 00	52 435 50	24 999 00
42 R	6-Zylinder 42 PS	450 00	146 30	78 26	42	18 900 00	6144 60	3286 92	60	27000 00	8778 00	4695 60	45	20250 00	6583 50	3521 70	542	243 900 00	79 294 60	42 416 92
45 B	6-Zylinder [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	73	[illegible]	11 957 40	5978 70	528	274 560 00	86 400 40	43 243 20
Ersatz[illegible]			30 %	11 %		4000 00	1200 00	440 00		3500 00	1050 00	385 00		3750 00	1125 00	412 50		61 875 00	18 562 0	6 806 25
Gesamt					202	68 700 00	24 006 10	12 400 82	197	74 840 00	25 830 70	13 330 00	217	87 620 00	28 961 34	14 989 54	2554	1014 925 00	345 330 52	175 432 94
Betriebsgemeinkosten								15 466 09				15 466 09				14 652 89				182 340 28
Herstellkosten								51 837 01				51 626 79				58 603 77				703 103 74
Rohgewinn								16 826 99				20 213 21				29 016 23				317 821 26
Vertriebs- u Verwaltungsgemeinkosten								15 740 22				16 310 48				17 497 16				206 576 52
Reingewinn oder Verlust								1086 77				3 902 73				11 519 07				105 244 74

A

(5) (6)

(1) Nach Plankostenblatt Vordruck L, Abb. 2

Plan-Gemeinkostentafel

Monat	Lohnwoch im Monat	Sollerzeugung (Verkaufswert)	Sollumsatz Geldwert	Plan Betriebsgemeinkosten: monatl. fällige feste Kosten	wöchentlich fällige feste Kosten	mit der Erzeugg veränd. Kosten	Gesamte Betriebsgemeinkosten	Plan-Vertriebs- und Verwaltungsgemeinkosten: Verwaltung und Allgemeines	Vertrieb fest	Vertrieb veränderlich	Kapitaldienst fest	Kapitaldienst veränderlich	Gesamt-Vertriebs- u. Verwalt.-Gemeinkosten
Jan	4	90 000	68 700	7811 69	1880 00	5774 40	15 466 09	4320 00	4340 00	5 161 80	700 00	1218 42	15 740 22
Febr.	4	90 000	74 840	7 811 69	1 880 00	5 774 40	15 466 09	4 320 00	4340 00	5623 16	700 00	1 327 32	16 310 48
März	4	90 000	66 350	7 811 69	1 880 00	5 774 40	15 466 09	4 320 00	4340 00	4 984 89	700 00	1 176 66	15 521 55
April	5	90 000	97 030	7 811 69	2 350 00	5 774 40	15 936 09	4 320 00	4 340 00	7290 12	700 00	1 720 80	18 370 92
Mai	4	90 000	101 400	7 811 69	1 880 00	5 774 40	15 466 09	4 320 00	4 340 00	7618 79	700 00	1 798 38	18 777 17
Juni	4	85 000	88 810	7 811 69	1 880 00	5 453 60	15 145 29	4 320 00	4 340 00	6672 45	700 00	1 575 00	17 607 45
Juli	5	85 000	100 465	7 811 69	2 350 00	5 453 60	15 615 29	4 320 00	4 340 00	7548 63	700 00	1 781 82	18 690 45
Aug.	4	85 000	115 560	7 811 69	1 880 00	5453 60	15 145 29	4 320 00	4 340 00	8682 57	700 00	2 049 48	20 092 05
Sept.	4	85000	86 550	7 811 69	1 880 00	5453 60	15 145 29	4 320 00	4 340 00	6503 16	700 00	1 535 04	17 398 20
Okt	5	70 000	67 510	7 811 69	2 350 00	4491 20	14 652 89	4 320 00	4 340 00	5 072 58	700 00	1 197 36	15 629 94
Nov.	4	70 000	60 090	7 811 69	1 880 00	4491 20	14 182 89	4 320 00	4 340 00	4 515 15	700 00	1 065 78	14 940 93
Dez.	5	70 000	87 260	7 811 69	2 350 00	4491 20	14 652 89	4 320 00	4 340 00	6 583 22	700 00	1 553 94	17 497 16
Gesamt	52	1 000 000	1 014 925	93 740 28	24 440 00	64 160 00	182 340 28	51 840 00	52 080 00	76 256 52	8400 00	18 000 00	206 576 52

B

(3) 4×470,– (siehe Vordruck D) = 1880,–

(4) (2)

Plan-Betriebsgemeinkosten
monatlich fällige feste Kosten

Art	Zahl der Angestellten	Monatsgehalt	Monatl. Plankosten
Werkstattbetriebsleiter	1	200 00	200 00
Werkstattmeister	2	130 00	260 00
Prüffeldleiter	1	175 00	175 00
Zusammenbau-Obermeister	1	175 00	175 00
u. s. w.			2000 00
Steuern u. Abgaben			1200 00
Abschreibungen			2200 00
u. s. w.			1601 69
Gesamt.			7811 69

C

Plan-Betriebsgemeinkosten
wöchentlich fällige feste Kosten

Art	Zahl der Angestellten	Lohnsatz	je	Plankosten je Woche zu 44 Std.
Reinigungsdienst	2	0,35	Std	30 80
Pförtner	2	0,52	"	41 60
Wächter	2	27,50	Woche	55 00
Lagerverwalter	4	0,45	Std	79 20
u. s. w.				263 40
Gesamt				470 00

D

Abb. 3
Lohnrechnung und Lohnkontrollbericht

Bearbeitungs- und Stücklohnliste

Teil-Nr 103 Bezeichnung: Zylinder
Werkstoff 701 RG I Grauguß

Nr	Arbeitsgang
1	obere Fläche fräsen
2	Bodenfläche "
3	Getriebekastenende fräsen
4	Kühlmantelsitze fräsen
5	[illegible]
6	[illegible]
7	[illegible]
8	[illegible]
9	[illegible]
10	Reglerfläche fräsen
11	Reglerschr. Löcher bohr. u. Gew. [illegible]
12	Bohrung schlichten
	usw.

G

von Plankostenblatt Vordruck L (Rückseite) Abb. 2 (22)

(21)

(23) von Plankostenblatt Vordruck F, Abb. 2

Zeitkarte

Stamm-Nr 76
Name: Franz Bauer
Lohnwoche bis 31. Jan. 1927

M1

Lohn-Empfangschein

Franz Bauer

N

Stamm-Nr 76 Std.-Lohn 0,52

Zeile Nr	Art der Arbeit	Lohnberechnung	Stunden	Betrag
3	Instandsetzung Maschine 7			
		Zeit laut Karte	12 00	
		Zeitlohn Fertigung	2 00	1 04
		Hilfslöhne	1 00	52
		Zeitlohn gesamt	3	1 56
		Stücklohn	9 00	24 05
		Stücklohnzuschlag		63
		Überstundenzuschlag	4 00	2 08
		Tagessumme		28 32
		Übertrag		17 00
		Gesamt		45 32

M2

(20)

Aufteilung der Hilfslöhne

Abteilung 7 Januar 1927

O

(24) (25) (26) (27) (28) (29)

Lohnkontrollbericht

31. Januar 1927

	Stück- u. Einrichtelohn Ist gesamt	Plan zahl	± geg Planz	Einrichtelohn Planzahl	± geg Planz	Zeit-Lohn Fertigung Ist	Planzahl	± geg Planz	Hilfs-Löhne Ist	Planzahl	± geg Planz	Gesamt-Löhne Ist	Planzahl	± geg Planz
2	[illegible]	81 00	4 [illegible]	8 50	4 50	5 20	4 00	1 20	6 60					
Monatsbetrag	481 00	450 00	31 00	48 00	[illegible] 00	30 00	31 00	1 00	25 00	29 66	4 66	536 00	493 66	42 34
Gesamt	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	50 00	600 00	500 00	100 00	100 00	668 07	[illegible] 93	7 550 00	[illegible]	[illegible] 93

P

durch Plankostenrechnung

Abb. 3
Lohnrechnung und Lohnkontrollbericht

· Bearbeitungs- und Stücklohnliste

Teil-Nr. 103 Bezeichnung: Zylinder
Werkstoff. 101 RG I Grauguß

Einrichtlohnsatz	Stücklohnsatz	Arbeitsgang Nr.	Arbeitsgang
0,25	0,115	1	obere Fläche fräsen
	0,084	2	Bodenfläche "
	0,03	3	Getriebekastenende fräsen
	Zeitl.	4	Kühlmantelsitze fräsen
0,30	0,16	5	Bohrung vorschruppen
0,15	0,045	6	Querstück bohren
	0,03	7	Lagerbolzenlöcher bohren
	0,035	8	Lagerbolzenlöcher Gew. schneiden
	0,048	9	Bohr., Reib., Gew. schn. 2 Löcher 3/8"
0,20	0,06	10	Reglerfläche fräsen
	Zeitl	11	Reglerschr. Löcher bohr. u. Gew. schn
0,45	0,13	12	Bohrung schlichten
usw	usw	usw	usw.

G

von Plankostenblatt Vordruck L (Rückseite) Abb. 2

von Plankostenblatt Vordruck F, Abb. 2

Zeitkarte

Stammr.-Nr. 76
Name: Franz Bauer
Lohnwoche bis 31. Jan. 1927

	Vorm. ein	Vorm. aus	Nachm ein	Nachm aus	Überstunden ein	Überstunden aus	Summe
So							
Mo							
Di.							
Mi							
Do							
Fr							
Sbd	8^{00}	12^{01}			1^{00}	9^{00}	12,0

M1

Nr 76

Diese Seite nach außen

Lohn-Empfangschein

Stammr. Nr. 76 Lohnwoche bis 31. Januar 1927
Name Franz Bauer Betrag 35,32

Obiger Betrag ist Ihr Wochenverdienst bis zum angegebenen Tage. Die Auszahlung des Betrages erfolgt 24 Stunden nach Aushändigung dieses Scheines, innerhalb dieser Frist müssen Beanstandungen unter eigenhändiger Vorlegung des Scheines beim Lohnbüro gemeldet werden. Bei Richtigbefund ist der unterschriebene Schein dem Kassenbeamten zur Auszahlung vorzulegen.

Betrag wie oben für angegebene Lohnwoche vollständig erhalten

Franz Bauer

N

Stamm-Nr 76 Std.-Lohn 0,52

Teil Nr	Arb.-Gang Nr	Stückzahl	Stücklohn Satz	Stücklohn Betrag	Einrichtelohn Satz	Einrichtelohn Planwert	Zeile Nr.	Zeitlohn Fertigg Planlohn	Zeitlohn Fertigg Betrag	Anfgs Zeit	Zeitverbrauch Fertigung	Zeitverbrauch Hilfslöhne	Hilfslöhne Konto	Hilfslöhne Betrag
							11							
							10							
							9							
							8							
							7							
							6							
							5							
103	3	50	0,03	1 50			4			9,0				
							3			7,0		1,0	3	52
36F	3	50					2	2 00	1 00	5,0	2,0			1 04
103	1	20	0,115	2 30	25	10	1							
Gesamt				3 80	25	10			1 00		8,0	3,0		

M2

Zeile Nr	Art der Arbeit
3	Jnstandsetzung Maschine 1

Lohnberechnung

	Stunden	Betrag
Zeit laut Karte	12 00	
Zeitlohn Fertigung	2 00	1 04
Hilfslöhne	1 00	52
Zeitlohn gesamt	3 00	1 56
Stücklohn	9 00	4 05
Stücklohnzuschlag		63
Überstundenzuschlag	4 00	2 08
Tagessumme		8 32
Übertrag		27 00
Gesamt		35 32

Aufteilung der Hilfslöhne

Abteilung 1 Januar 1927

Tag	1 Ausbesserungen	2 Überstd.-Zuschläge	3 Masch.-Instandhalt	4 Werkz.-Instandhalt	5 usw	usw	Gesamt
Übertrag	33 40	23 62	39 34	28 80	27 00	6 00	157 76
31	1 20	2 08	52	1 40			
		1 10	30				6 60
Monatsbetrag	34 60	30	40 76	30 20	27 00	5 00	163 76

O

Lohnkontrollbericht

31. Januar 1927

Abteilung	Fertigungs-Stunden Zeitlohn	Stücklohn	Ist gesamt	Soll-Leistg	vH	Stück- u. Einrichtelohn Stücklohn	Einr.-lohn	Ist gesamt	Planzahl	± geg. Planz	Einrichtlohn Planzahl	± geg. Planz	Zeit-Lohn Fertigung Ist	Planzahl	± geg. Planz	Hilfs-Löhne Ist	Planzahl	± geg. Planz	Gesamt-Löhne Ist	Planzahl	± geg. Planz
Tagessumme																					
1	120	10	130	160	81	72 00	13 00	85 00	81 00	4 00	8 50	4 50	5 20	4 00	1 20	6 60					
2																					
3																					
9																					
10																					
Verschiedenes																					
Gesamt						476 00	65 00	481 00	450 00	31 00	48 00	17 00	30 00	31 00	1 00	25 00	29 66	4 66	536 00	493 66	42 34
Monatsbetrag																					
1																163 76					
2																					
3																					
9																					
10																					
Verschiedenes																					
Gesamt				40 000		10 000 00	250 00	10 250 00	10 000 00	250 00	200 00	50 00	600 00	500 00	100 00	100 00	668 07	31 93	11 550 00	11 718 07	431 93

P

Verband der Spezialbibliotheken und Nachweisbureaus
ASLIB (Association of Special Libraries and Information Bureaux)

Von Dr. A. Predeek, Danzig

Das Bedürfnis schnellen Nachweises literarischer Quellen hat in Amerika und in England zur Zusammenarbeit beteiligter Stellen geführt — Entstehung und Wirksamkeit der englischen Vereinigung, einer Umschlagstelle für Quellennachweise.

Seit Jahrzehnten müht man sich, das Problem des Literaturnachweises zu meistern. Unternehmungen privater, korporativer, staatlicher und selbst internationaler Art wurden ins Leben gerufen, Nachweisstellen für bestimmte Gebiete und Wissenschaften errichtet, Grundsätze für die bibliographischen Verzeichnungen, für die einheitliche Sammlung und Ordnung aufgestellt, Vereinbarungen für die Auszüge und Berichte, für Formeln und Quellenhinweise getroffen. Die Anwendung der Stoff und Kräfte sparenden Hilfsmittel der wirtschaftlichen Erzeugung hat man auch der literarischen Erzeugung empfohlen. Das Ziel, die Willkür der Erzeuger zu hemmen und das erzeugte Gut an die Verbraucher schnell zu verteilen, sieht man wohl; aber die Wege dahin scheinen eher auseinander als zusammen zu führen. Wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Individualismus widerstrebt solcher Zusammenfassung, obwohl man hier nur die Vielgestaltigkeit der im Grunde wesensgleichen Arbeiten des Sammelns, Ordnens und Verteilens und Mitteilens zu überwinden braucht.

Ein großer Schritt zu diesem Ziele wäre es, Fühlung zwischen den vielen Unternehmungen herzustellen, die sich mit dem Quellennachweis in irgendeiner Weise befassen. In Deutschland ist in dieser Richtung schon manches geschehen und manches im Entstehen; aber in Amerika, dem Lande der Rationalisierung, und in England, dem Lande des konservativen Individualismus, ist man ein gut Stück weiter als bei uns, obwohl dort die Organisation der wissenschaftlichen Arbeit zweifellos nicht die gleiche Höhe erreicht hat. Das Bedürfnis nach „Fact Information" durch literarische Nachweise, deren Bedeutung namentlich für die wirtschaftliche und industrielle Kriegführung in diesen Ländern schnell erkannt wurde, äußerte sich hier lebhafter und wurde tatkräftiger zu befriedigen gesucht. In Amerika arbeiten schon seit 1909 Forschungsinstitute, Auskunftstellen und Fachbibliotheken im Nachrichtenaustausch über Handels- und öffentliche Angelegenheiten zusammen; es besteht seit 1913 ein von 40 Bibliotheken gespeister „Public Affairs Information Service", und während des Krieges wurde dem Kriegsamt in Washington ein Forschungsausschuß unterstellt, der sich auf Auskunftstellen und Industrien der alliierten Länder stützte und besondere Abteilungen in London, Paris, Rom unterhielt. Dieser Nachrichtendienst bildet heute die Umschlagstelle für wissenschaftliche und besonders technische Nachweise aller Art. Zur selben Zeit entstand auf Anregung der Merchant's Association, New York, und in enger Fühlung mit der American Library Association die Association of Special Libraries, die jetzt mehr als 1500 Spezialbibliotheken umfaßt und durch Herausgabe von Verzeichnissen, Handbüchern und einer besondern Zeitschrift eine wertvolle Tätigkeit entfaltet. Dies kommt besonders den 600 angeschlossenen Industriebibliotheken zugute.

Auch in England hatte man, z. B. in dem bekannten International Catalogue of Scientific Literature, schon vor Jahrzehnten Versuche zur gemeinnützigen Erschließung wissenschaftlicher Quellen gemacht. Namentlich in den technischen und wirtschaftlichen Kreisen hatte man den Mangel an gut ausgestatteten, Hand in Hand arbeitenden Bibliotheken empfunden. Ein vor dem Kriege geplanter Zusammenschluß der wissenschaftlichen Bibliotheken, von denen einzelne, wie die der Institution of Civil Engineers mit 50 000 Bänden, sehr beträchtlich waren, kam nicht mehr zustande. Wiederum erwies sich der Krieg als ein mächtiger Förderer der Zusammenarbeit: im Kriegsamt wurde ein technischer Nachrichtendienst mit regelmäßigen Übersichten über die fremde Presse ins Leben gerufen; mit so gutem Erfolg, daß diese Stelle z. B. die wirtschaftlichen und technischen Unterlagen für die Friedensverträge liefern konnte.

Nach dem Krieg ist diese Stelle freilich eingegangen, trotz der Versuche, sie beim Board of Trade, bei der 1915 eingerichteten Abteilung für wissenschaftliche und industrielle Forschungen oder beim englischen Industrie-Verband fortzuführen. Den Gedanken der Zusammenarbeit hat man aber nicht aufgegeben: der erwähnten Abteilung wurden besondere Ausschüsse für Technik, Physik, Chemie, Baustoffe, Brennstoffe, Nahrungsmittel angegliedert (unsern Reichsanstalten vergleichbar), die der Regierung, aber auch der Öffentlichkeit Nachrichten über Forschungen zu verschaffen und dadurch Doppelarbeit auszuschließen haben. Man hat auch schon an eine zentrale Nachrichtenstelle gedacht.

Die Industrie erwog ähnliche Pläne; denn die Schwäche des englischen Bibliothekwesens, das weder den Leihverkehr kannte noch Auskunft über die Bestände an andern Orten vermittelte, machte sich besonders in den industriellen Gebieten bemerkbar. Die Volksbüchereien enthalten mehr humanistische und Romanliteratur als wissenschaftliche, und die von einzelnen Firmen geschaffenen Büchersammlungen und Auskunftstellen befriedigen — ähnlich wie bei uns — wohl einen engeren Kreis, stehen aber untereinander nicht mehr in Fühlung als die öffentlichen Bibliotheken. Der Druck der wirtschaftlichen Verhältnisse in den Jahren nach dem Kriege förderte den Gedanken der „Coordination of Scientific Publication", er wurde z. B. 1919 von der Faraday Society und von den Forschungsstellen erörtert; 1922 richtete auch die englische „Library Association" eine Abteilung für die Industriebibliotheken ein.

Anfangs dachte man, ganz wie bei uns, an die Errichtung einer technischen Zentralbibliothek nach dem Vorbild der amerikanischen technischen Fachvereine, die ihre Bibliotheken im Engineering Societies Building (man denkt an das „Haus der Technik") vereinigt und mit dieser „Central Library" ein noch heute bestehendes Auskunftamt verbunden hatten[1]). In der Richtung auf eine solche Zentralbibliothek entwickelt sich in der Tat die „Science Library" des South Kensington-Museums mit ihrem riesigen Bestand an laufenden Zeitschriften (9000) und einem Schlagwortverzeichnis von mehr als 1 Mill. Karten. Auch die nach dem Kriege von der englischen Carnegie-Stiftung mit großen Mitteln ins Leben gerufene Zentralbibliothek für Studenten schien ein geeigneter Mittelpunkt solcher Wirksamkeit, zunächst freilich für den Leihverkehr.

Solchen Plänen gegenüber aber setzte sich die Überzeugung durch, daß es äußerst schwierig, wenn nicht unmöglich sein würde, die an tausend Orten erzeugten und verstreuten Quellennachweise an einer einzigen Zentrale zu sammeln und zu verarbeiten, und daß es daher wirksamer sein müßte, Arbeitsteilung und Zusammenarbeit der Einzelstellen anzubahnen. So kam es im September 1924 zu einer Versammlung von 84 Vertretern von Bibliotheken wissenschaftlicher Institute, Firmen, Nachrichten- und Pressestellen, Vereinen und Behörden unter dem Vorsitz von J. G. Pearce, dem Direktor der englischen Gußeisen-Forschungs-Gesellschaft Birmingham, und zur Gründung der „Association of Special Libraries and Information Bureaux" (ASLIB).

Man war von Anfang an darin einig, daß diese Gründung ganz zwanglos sein und auf breiter Grundlage ruhen müsse; Erzeuger, Verwalter und Benutzer von Literatur

[1]) Dort wird u. a. die monatlich und jährlich erscheinende Zeitschriftenschau der American Society of Mechanical Engineers bearbeitet.

sollten die Möglichkeit haben, ihre oft widerstreitenden Belange zu vertreten, da nur offene Aussprache über die gemeinsamen Aufgaben zu praktischen Ergebnissen führen könne. Wissenschaft und Praxis liehen diesen Zielen ihre Unterstützung, und die Carnegie-Stiftung stellte Geldmittel zur Verfügung.

Im folgenden Jahre zählte die ASLIB schon 200 Mitglieder; 1927 waren 258 Verbände und 53 Einzelpersonen (auch Ausländer können beitreten) eingeschrieben, darunter außer den großen Universitäten und Bibliotheken zahlreiche technisch-wissenschaftliche und industrielle Verbände. An der Spitze steht ein Vorstand (J. G. Pearce), die Geschäfte führt ein Generalsekretär. Die Jahrestagungen werden über Wochenende abgehalten, die Vorträge allen Gebieten theoretischer und praktischer „Fact Information" entnommen, lebhaft erörtert, die Ergebnisse in Entschließungen niedergelegt und dem Vorstand zur weiteren Bearbeitung übergeben. Das Verhandlungstempo ist scharf, in einer Tagung werden an die 30 Fragen behandelt. Die Verhandlungsberichte werden gedruckt und an die Mitglieder verteilt. So wurden z. B. besprochen: Wesen und Aufgaben der Spezialbibliotheken in Industrie, Handel, Politik, Presse; Auskunftstellen und ihre Einrichtungen; nationale und internationale Auskunft; bibliographische Unternehmungen; Katalogisieren und Klassifizieren; Rationalisierung und Normung; „Indexing and Abstracting"; Handelsauskunft; Patentwesen; Vervielfältigungsverfahren; technische Übersetzungen usw.

Die Spezialbibliothek beginnt dort, wo die allgemeine Bibliothek endet; sie ist eine Sammlung besonderer Literatur, die nach fachlichen Verfahren und durch besondere Fachleute geleitet wird. Die allgemeine Bibliothek liefert ihrem Benutzer „Literatur", die Spezialbibliothek aber auch Auskunft aus der Literatur; jene soll den Bestand nachweisen, diese aber bis zur einzelnen Tatsache vordringen, die Literatur also aufschließen. Sie soll nicht mit der allgemeinen Bibliothek in Wettbewerb treten, sondern diese unterstützen und ihre Bestände nutzen.

Auch die allgemeinen Bibliotheken enthalten zumeist Sondersammlungen bestimmter Gebiete und sind in dieser Hinsicht ebenfalls Spezialbibliotheken, namentlich wenn sie, wie in Amerika und neuerdings auch in England, die Sonderbestände aus der Hauptmasse herausziehen und gesondert verwalten. Das Sammelgebiet der Spezialbibliothek ist die gesamte erreichbare Literatur ihres Faches in Büchern und Zeitschriften, in Zeitungen, Ausschnitten, Berichten und Denkschriften, amtlichen und persönlichen Auskünften (selbst vertraulicher Art), in Bild und Film, in Druck und Schrift. Diese Nebenprodukte der Literatur sind zum Teil sehr vergänglich, aber gerade darum oft von Seltenheitswert und wegen ihrer Formlosigkeit schwierig für die bibliothekstechnische Behandlung und bibliographische Auswertung.

Hier berührt sich die Spezialbibliothek mit der Auskunftstelle, die nicht so sehr sammelt als Bericht erstattet und Auskunft erteilt. Beide Einrichtungen aber sind aufeinander angewiesen, sie gehören oft, aber nicht notwendig demselben Unternehmen; beide bedürfen auch eines Stabes von Fachleuten, damit die gewünschten Auskünfte zuverlässig und schnell erteilt, die Quellen vollständig erfaßt und auf dem Laufenden erhalten werden. Die Auskunftstelle der British Non-ferrous Metals Research Association (gegr. 1920) hat z. B. einen Stab von 50 Fachleuten, besondere Ausschüsse für Nachforschungen und Reisen in fremde Länder; sie gibt für die Mitglieder Quellenverzeichnisse, Vierteljahrsberichte und Rundschreiben heraus, bearbeitet eine Zeitschriftenschau aus mehr als 700 Zeitschriften.

Auch in Deutschland fehlt es nicht an Stellen für literarische Auskünfte, die von Firmen und Vereinen erhalten werden, und zwischen den Fachvereinen sind Nachrichtenaustausch und Auskunfterteilung mindestens in gleichem Maße entwickelt. Das Neue und Fruchtbare an den englischen (und amerikanischen) „Associations" aber ist, daß sie den Zusammenschluß aller dieser Einrichtungen ohne Rücksicht auf fachliche Gleichartigkeit anstreben und dadurch eine allgemeine Grundlage und einheitliche Arbeitsverfahren für das gesamte Nachweis- und Nachrichtenwesen schaffen. Mitglieder einer solchen Vereinigung sind weit eher geneigt, einander Auskunft, selbst vertrauliche zu gewähren, als sonst Firmen verschiedener Interessengebiete zu tun pflegen.

Die ASLIB will zunächst die Fragen bearbeiten und klären, die alle Mitglieder angehen und reif für die Normung scheinen. Zur Zeit stehen im Vordergrunde die Methoden der Katalogherstellung, des „Indexing" und „Abstracting". Die Masse der literarischen Quellen und die Notwendigkeit, sie zweckmäßig, zuverlässig und weitgehend fachlich zu ordnen, legen diese Normung nahe. Solchen in Amerika und in England seit 50 Jahren lebendigen Bestrebungen hat die ASLIB einen neuen Anstoß gegeben. Eine große Zahl der Mitglieder der ASLIB erkennt den Grundgedanken der — bewußt mechanischen, nicht logisch-philosophischen — Dezimal-Klassifikation als richtig an und empfiehlt ihre Anwendung für das Ordnen der technisch-naturwissenschaftlichen Literatur. Zwar nicht in der unzulänglichen Form von Dewey (1876), sondern in der des Internationalen Bibliographischen Instituts in Brüssel, dessen Schlagwortverzeichnis, das erst den praktischen Gebrauch des Systems ermöglicht, auf der Höhe der Ansprüche erhalten werden muß[2]). Andre Kreise treten für das System der Kongreßbibliothek in Washington ein; eine Übereinstimmung in dieser vielumstrittenen Frage ist jedenfalls noch nicht erzielt.

Auch an einheitlichen Verfahren für Inhaltverzeichnisse und Auszüge wird in allen Ländern seit langem gearbeitet. Hierfür schien vielfach eine Zentralstelle die berufenste; auch in England. Den Plänen, die das Brüsseler Institut und neuerdings der Ausschuß des Völkerbundes für geistige Zusammenarbeit in Paris verficht, das Auszug- und Nachweiswesen international zu vereinheitlichen, begegnet die ASLIB mit Zurückhaltung. Man ist der Ansicht, daß internationalen Zentralen zunächst nationale vorausgehen sollten, und daß auch diese nicht besser und schneller arbeiten als gut ausgestattete Fachstellen (z. B. im South Kensington-Museum), die weniger kosten und in engerer Fühlung mit dem Bedarf stehen. Das Unerfreulichste im Berichte- und Auszugwesen ist bekanntlich das „Überschneiden", die Behandlung derselben Quelle an verschiedenen Stellen, während entlegenere, aber oft wichtige Gebiete unbesprochen und unbekannt bleiben. Seit 1924 haben die beiden großen chemischen Gesellschaften in England und Amerika durch Zusammenarbeit auf den Gebieten der reinen und der angewandten Chemie das Überschneiden heruntergedrückt und seit 1926 sogar völlig ausgeschaltet. Den Weg gegenseitigen Übereinkommens bezüglich der Zeitschriftenschau haben auf Anregung von Frau Curie im Völkerbundausschuß für geistige Zusammenarbeit auch die deutschen, französischen und englischen physikalisch-chemischen Gesellschaften eingeschlagen.

Die ASLIB will keine Zentrale, sondern ein „Clearing House" für Auskünfte jeder Art sein. Daneben verfolgt sie die Durchführung bestimmter Aufgaben, die diesem Hauptzweck dienen sollen: Unterstützung und Herausgabe von Bibliographien; Bearbeitung und Begutachtung von Verfahren zum Ordnen der Literaturquellen; Aufstellung von Verzeichnissen von Fachleuten und Übersetzern; Beschaffung ausländischer Literatur und die Herausgabe eines „Directory of Sources". Dieses kürzlich erschienene Werk[3]) ist ein erster Versuch, die vielen Quellen für fachliche Auskünfte zu erschließen, die über England verstreut sind.

Der Plan entstand schon auf der ersten Tagung; die anfängliche Beschränkung des Stoffes auf wissenschaftliche Quellen wurde bei der Bearbeitung zugunsten der humanistischen aufgegeben. Das Verzeichnis enthält, nach rd. 1000 Schlagworten geordnet, Nachweise über fast 2200 Bibliotheken, Anstalten, Ämter, Firmen usw. mit Angaben

[2]) Der Verein Deutscher Bibliothekare hat in Göttingen 1928 beschlossen, das Dezimal-Verzeichnis der neuesten Brüsseler Fassung von 1927 zu übersetzen.

[3]) Eine eingehende Besprechung bringt das „Zentralblatt für Bibliothekswesen". Auch der amerikanische Verband hat ein derartiges „Directory" 1925 in 2. Auflage herausgegeben.

ber Umfang, Inhalt und Ort, Öffnungszeiten, Art der uskunfterteilung und sonstige Einzelheiten. Man kann so z. B. mit einem Blick feststellen, daß die British otton Industry Research Association über eine Sammng von 1500 Bänden, 1000 kleinen Druckschriften und 0 laufenden Zeitschriften über Baumwolle und Kunstide verfügt, daß die Firma Rowntree & Co. in York an e 4000 Bände und 200 Zeitschriften über Kakao und hokolade hat, die Clerkenwell Public Library in Finsry, London, eine Sammlung von Werken über Uhracherkunst hütet, die Firma Morgan, Crossley & Co. in anchester Auskünfte über Asbest-Metall-Bremsbelag, das olumbian Government Bureau of Information über anglolumbischen Kaffeehandel erteilt, daß die British Portnd Cement Association außer Literatur auch Photograien, Filme, Lichtbilder und andere bildliche Quellen aufwahrt usw. Außer den gedruckten sammelt die ASLIB le einlaufenden neuen Quellen in Karteien zur Ergänng der Auskunfterteilung.

Der Erfolg der ASLIB zeigt, daß es auch in einem nde mit ausgeprägtem Individualismus möglich ist, ganz rschiedene Richtungen des geistigen, technischen, wirthaftlichen und politischen Lebens zur Gemeinschaftsbeit zu vereinen und dadurch Schwierigkeiten zu übernden. In Deutschland fehlt noch diese allgemeine Zummenarbeit. Wohl sind auch bei uns ähnliche Bestrengen im Gange, wie die Anregungen des Vereines deutscher Ingenieure[4]), des deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine, des Normenausschusses, des Vereins deutscher Bibliothekare und besonders die Einrichtungen der deutschen Bibliotheken (Leihverkehr, Auskunft, Titeldrucke) beweisen. Wünschenswert ist aber die Parallelschaltung aller dieser Kräfte, damit sie nicht gegeneinander arbeiten. Insbesondere dürfen die Vorschriften der Rationalisierung und Normung für die Erzeugung literarischer Quellen nicht den Grundsätzen widersprechen, die für das Sammeln, Aufbewahren, Ordnen und Verteilen gelten. Fühlungnahme zwischen den wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Verbänden, Instituten, Zeitschriften usw. auf der einen und den deutschen technischen und industriellen Bibliotheken auf der andern Seite nach dem Vorbilde der ASLIB wäre daher wohl denkbar. Ohne allzugroße Mittel sollte es möglich sein, eine Umschlagstelle für Auskünfte und Nachweise der technisch-wissenschaftlichen Literatur zu begründen.

Die Tagungen der ASLIB werden regelmäßig von den Vertretern der Brüsseler und Pariser Institute für internationale Bibliographie und Quellennachweis beschickt. Das ist von großer Bedeutung, wenn es zu einer Weltorganisation auf diesem Felde kommen sollte. Auch Deutschland muß darauf vorbereitet sein, hier in einer der Bedeutung unserer Wissenschaft und Wirtschaft entsprechenden Weise mitzuwirken. [B 1580]

[4]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 471.

Die Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich in den Jahren 1926 und 1927[1])

In den Dampfkesselbetrieben innerhalb des Deutschen Reichs sind in den Jahren 1926 und 1927 je 4 Explosionen festgestellt worden. Davon waren drei durch Wassermangel und zwei durch Abnützung des Kessels verursacht, während in zwei Fällen unzureichende Sicherheitsvorrichtungen und in einem Fall mangelhafte Bauart des Kessels als Ursache ermittelt wurde. Eine Person wurde getötet, zwei sind schwer und drei leicht verletzt worden.

Die beschädigten Kessel waren:

1. Stehender Feuerbüchsenkessel, erbaut 1882, Heizfläche 2,7 m², Rostfläche 0,24 m², Betriebsdruck 6 at. Bei der Explosion im Tiefbaugeschäft der Firma Julius Berger, A.-G., Berlin, Anfang April 1926 wurde das Rauchrohr aufgerissen, der obere Kesselboden um etwa 2 cm herausgedrückt und die Feuerbüchse um etwa 3 cm nach unten gedrückt. Ursache ist Schwächung des Rauchrohrs, das von ursprünglich 8 mm bis auf 2,5 mm abgezehrt war.

2. Einfacher Einflammrohrkessel aus basischem Siemens-Martin-Flußeisen von 35 kg/mm² Mindestfestigkeit, erbaut 1897; Heizfläche 30 m², Rostfläche 0,75 m², Betriebsdruck 8 at. Die Explosion in der Mechanischen Trikotwarenfabrik Schatzki & Co., Oberamt Balingen (Schwarzwaldkreis) am 11. Oktober 1926 ist auf Wassermangel zurückzuführen. Der erste und der zweite Schuß des Flammrohrs erlitten muldenförmige Einbeulungen von 740 und 1?0 mm Länge und 320 mm größter Tiefe. Infolge des Wassermangels war die durch das Anheizen erreichte Dampfspannung nur gering. Eine Explosionswirkung nach außen auf das Mauerwerk und die Ausrüstungsteile ist nicht aufgetreten. Der Heizer wurde leicht verwundet.

3. Zweiflammrohrkessel aus Flußeisen, erbaut 1898, Heizfläche 83 m², Rostfläche 2,16 m², Betriebsdruck 7 at. Die Explosion in der Mineralölfabrik der Riebeckschen Montanwerke, A.-G., Halle a. d. S., am 8. November 1926 ist auf Wassermangel zurückzuführen; infolge Irrtums hat der Heizer beim Speisen den beschädigten Kessel in der Reihenfolge einmal übergangen. Das linke Flammrohr wurde im ersten Schuß eingebeult und im zweiten Schuß in der Nietnaht völlig auseinandergerissen. Die Verbindungsnaht zwischen dem zweiten und dritten Schuß ist teilweise abgetrennt worden. Ein Mann wurde leicht verwundet.

4. Liegender Feuerbüchsenkessel mit vorgehenden Heizrohren, erbaut 1902, Heizfläche 14,29 m², Rostfläche 0,58 m², Betriebsdruck 7 at. Bei der Explosion auf dem Dominium des Rittergutsbesitzers Bohne in Mühlgast bei Raudten, am 12. November 1926 wurden beide Feuerbüchsen-Seitenwände von der oberen Ecke der Feuerbuchstürwand ausgehend nach unten bis etwa in die Mitte aufgerissen und der Kessel etwa 80 m von seinem Standort fortgeschleudert. Der Bruch der oberen Krempe der Feuerbuchstürwand ist auf Blechschwächung durch Abrosten zurückzuführen. Die ursprünglich 10 mm dicke Wand war nur noch 5 bis 7 mm dick. Die Blechprüfung ergab bei 45,8 kg/mm² Festigkeit nur 13 bis 16 vH Dehnung. Die Stemmnähte der Feuerbüchse zeigten teilweise bis zu 2 mm tiefe Einstemmfurchen, was auf schlechte Werkstattarbeit hinweist.

5. Liegender Einflammrohrkessel aus Schweißeisen, erbaut 1868, Heizfläche 34,2 m², Rostfläche 1,75 m², Betriebsdruck 4 at. Die Explosion in der Spiritus-Raffinerie Albert Ernst, Halle, am 2. März 1927 ist durch Wassermangel verursacht worden. Bruch des zweiten Flammrohrbundes von 500 mm Länge und 700 mm im Flammrohrumfang gemessen. Eine Person wurde getötet, eine weitere ist nach 14 Tagen gestorben.

6. Stehender Feuerbüchsenkessel aus Flußeisen mit zwei Querrohren; Alter unbekannt, Heizfläche 3,5 m², Rostfläche 0,25 m², Betriebsdruck 0,5 at. Die Explosion in der Brennerei Wendelin Meier in Eisental, Amtsbezirk Bühl, am 10. Mai 1927 ist infolge des Fehlens genügender Sicherheitsvorrichtungen anscheinend durch zu hohen Druck verursacht worden. Die Längsschweißnaht des Feuerbüchsmantels und die Schweißnaht zwischen der unteren Umbördelung des Feuerbüchsmantels und dem unteren Kesselmantel sind aufgerissen. Der Kessel wurde von seinem Standort abgehoben und gegen die Decke geworfen. Eine Person wurde schwer verletzt.

7. Stehender Feuerbüchsenkessel mit drei Quersiedern, erbaut 1922, Heizfläche 6,87 m², Rostfläche 0,32 m², Betriebsdruck 8 at. Die Explosion bei der Norddeutschen Hütten-A.-G., Bremen, am 20. August 1927 ist auf mangelhafte Schweißung des Kessels zurückzuführen. Der Quersieder war mit dem Feuerbüchsmantel nur einseitig verschweißt. Die Nähte der übrigen Quersieder zeigten die gleiche mangelhafte Ausführung. Die Schweißnaht des oberen Quersieders wurde vom Feuerbüchsmantel abgetrennt, der auf die ganze Länge bis zur unteren Krempe auf etwa 235 mm Tiefe muldenförmig ausgebeult wurde. Der Heizer wurde leicht verbrüht.

8. Stehender Zylinderkessel aus Kupfer, erbaut 1914, Gesamtinhalt 53 l. Der Kessel stand als Niederdruckkessel nicht unter Überwachung. Die Explosion in der Bettfedern-Reinigungsanlage Ulrich Schiller & Sohn in Cannstadt am 10. November 1927 ist infolge Trennung der auf Biegung beanspruchten und der Einwirkung des Feuers ausgesetzten Bodenlötnaht erfolgt. Der untere Boden des Zylindermantels wurde an der Löstelle abgetrennt; das Siederohr-Ventil war unwirksam. Ein Überdruck von mehr als 0,5 at als Ursache der Explosion scheint nicht ausgeschlossen. [N 1913]

Berlin-Friedenau Dr. Reithinger

[1]) Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs 1927, Heft 1, 1928 Heft 1.

Großraumförderung in Braunkohlen-Tagebaubetrieben mit Schrägaufzügen

Von Dipl.-Ing. F. Isermann, Berlin

Beschreibung einiger in Betrieb befindlichen Anlagen — Ihre Vor- und Nachteile — Beurteilung einiger Abänderungsvorschläge.

Die Beförderung der durch die Bagger in den Braunkohlen - Tagebaubetrieben gewonnenen Kohlenmengen von der Fördersohle hinauf an die Erdoberfläche ist besonders in tiefen Tagebauen eine der wichtigsten Aufgaben. Die früher üblichen Kettenbahnen, oft fünf und mehr nebeneinander, auf denen die 6 hl fassenden Kohlenhunde hinaufgezogen wurden, waren nicht leistungsfähig genug, um die mit Baggern gewonnenen Kohlen befördern zu können, und außerdem unwirtschaftlich, da das Verhältnis der bewegten Totlast zur beförderten Nutzlast sehr groß war. Schließlich waren sie auch nicht betriebsicher genug, weil Kettenbrüche die Bahnen sehr oft auf längere Zeit stillegten und so Leistungsausfälle verursachten. Der Zwang der Notwendigkeit führte dann zunächst zur Großraumförderung mit Wagen von 20 m³ Inhalt und Dampf- oder elektrischen Lokomotiven bis zu 440 PS Leistung, die besonders in Tagebauwerken von großer Ausdehnung und geringer Tiefe heute vielfach in Betrieb sind. Sie erfordern aber große Streckenlängen mit Steigungen von höchstens 1 : 40. Bei tieferen Tagebaubetrieben sind sie nicht anwendbar, weil dann Bau und Unterhaltung der Strecken zu kostspielig werden. Die Forderung, auf kurzen Strecken große Steigungen zu überwinden, gab dann schon den Weg zur Lösung der Aufgabe an.

RZ1510Z3

Abb. 3
Talstation des Schrägaufzuges für Großraumwagen auf der Grube Vereinigte Ville der Braunkohlen- und Briketwerke „Roddergrube A.-G.“

Der Schrägaufzug der Roddergrube

Nachdem der erste Schrägaufzug mit Seilzug, mit dem Züge aus fünf 5 m³-Selbstentladewagen auf einer mit 1 : 5 ansteigenden Rampe heraufbefördert wurden, im Juli 1922 auf der Staatlichen Bernsteingrube Palmnicken (Ostpr.) in Betrieb genommen worden war und seitdem g[illegible] Betriebsergebnisse geliefert hatte, wurden von der [illegible]schinenfabrik Buckau, Magdeburg, in den Jahren 1[illegible] und 1926 auf der Grube Vereinigte Ville der Bra[illegible]kohlen- und Briketwerke „Roddergrube A.-G.“, Br[illegible]l, Bez. Köln, zwei Schrägaufzüge und auf der Gr[illegible] Meurostolln der Neuen Senftenberger Kohlenwerke A.[illegible], Senftenberg, ein Schrägaufzug mit Steigungen von 1 : [illegible] und 1 : 6 eingerichtet, mit denen je 600 t/h aus 40 [illegible] 50 m Tiefe heraufbefördert wurden. Man hat dort [illegible] eine Verbindung von wagerechter Förderung mit Lo[illegible]motiven von geringerer Leistung und der Aufwärtsfö[illegible]rung mit dem Schrägaufzug.

Bei der Anlage auf der Grube Vereinigte V[illegible], Abb. 1 bis 3, beträgt die gesamte Förderhöhe von der [illegible]gersohle bis zum Ende des Bunkers 55,10 m, die w[illegible]

a durch Lokomotive eingefahrener Vollzug (in der Mulde stehend)
b Mitnehmerwagen
c vom Bagger kommender Vollzug
d auf Gefälle angefahrener Leerzug (in der Mulde stehend)
e Vollzug über dem Bunker
f abwärts gekommener und blockierter Leerzug
g Weichenstellerhäuschen und Seilumführung
h Hilfsgleis
i Bunker
k Fördermaschine

Förderstrecke 510 m
±0
Steigung 1:50
Steigung 1:100
75,0
−7,5
20,0
−7,3
a b c d f g

RZ1510Z1u2

Schrägaufzug für Großraum[illegible]

Abb. 4 und 5
Mitnehmerwagen mit einem durch Luft- und Öldruck gefederten und gedrosselt zurückgehenden Puffer[1]).

a Puffer
b Druckzylinder
c Ölfangtopf
d Ölbehälter
e Drosselventil
f Ölpumpe
g Zugseil
h Rückseil
i Zugseilschloß
k Ballastkasten
x, x_1, x_2 Ölstände im Behälter bei verschiedenen Stellungen des Puffers

...chte Länge vom Einlauf in die erste Weiche auf ...er Sohle bis zum Bunkerende 584 m. Die eigentliche Ge...llstrecke, auf welcher der ganze Höhenunterschied über...unden wird, ist aber nur 425 m lang, so daß die Stei...ung im Mittel 1 : 7,6, im Höchstfalle 1 : 7 beträgt.

Ein aus vier Wagen zu je 20 m³ bestehender Zug ...ird mit einer elektrischen Lokomotive von der Bagger...rosse her in das Gefällegleis am Fuß des Schrägauf...ges eingefahren. In dieser Mulde bleibt der Vollzug ...ehen, die Lokomotive setzt sich vor einen Leerzug, ...r auf demselben Gleis von oben angekommen, aber ...r der Weiche blockiert worden ist, und zieht ihn über ...n Mittelgleis auf die Fahrstrecke. Nach Lösen der ...remse an der Seiltrommel der Fördermaschine drückt der oben über dem Bunker stehende Leerzug den vor ihm befindlichen Schubwagen herunter und zieht dabei gleichzeitig den unteren Schubwagen, Abb. 4 und 5, von dem Totgleis an den Zug heran. Dabei wird der durch Luft- und Öldruck gefederte Puffer des Schubwagens in den Ölzylinder gedrückt. Der Druck steigt hyperbolisch nach Abb. 6 an. Infolge des Übergewichts des Leerzuges steigt die Geschwindigkeit sehr rasch an. Bevor der Schubwagen an den Vollzug herankommt, muß sie also verringert werden, damit ein Seilbruch vermieden wird. Das geschieht durch Einschalten der Manövrierbremse. Nachdem dann der Schubwagen mit dem Vollzug in Fühlung gekommen ist, wird die Bremse so-

[1]) DRP Nr. 440 805.

Abb. 1 und 2
Zugförderung auf der Grube Vereinigte Ville in Brühl.

Abb. 6
Ansteigen des Pufferdruckes am Mitnehmerwagen in Abb. 4 und 5.

Abb. 7
Arbeitsdiagramm für den Schrägaufzug auf der Grube Verein. Ville.

fort wieder gelöst und nun der Vollzug bis auf die normale Fördergeschwindigkeit von 1,75 m/s beschleunigt. Der Zug befindet sich dabei immer noch nicht auf der stark ansteigenden Strecke. Ist die übliche Fahrgeschwindigkeit erreicht, so wird der asynchrone Drehstrom-Fördermotor (Dauerleistung 340 kW, Spitzenleistung 425 kW) mit kurz geschlossenem Läufer ohne Stromstoß eingeschaltet. Dadurch, daß er in dieser Schaltung Strom in das Drehstromnetz zurückliefert, verhindert er, daß die Geschwindigkeit über 2 m/s steigt. Gelangt dann der Vollzug an die Steigung 1 : 7,4, so beginnt der Motor Arbeit zu leisten und gibt dann eine Zeitlang 280 kW und schließlich bis 425 kW ab, Abb. 7. Die größte Arbeitsleistung muß der Fördermotor hergeben, wenn der unten ankommende Leerzug von der stark fallenden Strecke auf die Endstrecke, die nur mit 1 : 100 steigt, gelangt, weil dann der Motor fast das ganze Gewicht des Zuges (Nutzlast + Totlast) zu ziehen hat. Zu gleicher Zeit wird der nach unten herabgelassene Leerzug vor der Gleismulde blockiert, und der Mitnehmerwagen wird durch das um Rollen mit Spanngewichten geführte Hinterseil auf ein Totgleis gezogen, wobei sich das eigentliche Zugseil in eine Rille der Weichenschiene legt. Während auf der Sohle der Leerzug gegen den Vollzug ausgewechselt wird, wird der Vollzug oben über den Bunkern entleert, so daß das Förderspiel, das 4 bis 5 min dauert, von neuem beginnen kann.

Das Förderseil wird am Ende der Bunker über zwei Seilscheiben von 5 m Dmr. schräg nach unten zu der Trommel der Antriebmaschine abgelenkt. Bei 6,68 U/min erhält das Seil durch die Trommel, die ebenfalls 5 m Dmr. hat, eine Geschwindigkeit von 1,75 m/s. Die Tro mel wird über zwei Zahnkränze, Ritzel und Stirnradvo gelege von dem Motor angetrieben, der mit 562 U/m läuft. Das gesamte Übersetzungsverhältnis beträgt d her 1 : 84,5. Die schnellaufenden Getriebe sind dopp vorhanden, damit bei plötzlich auftretenden Brüch Förderverluste vermieden werden. Die bereits erwähn Manövrierbackenbremse sitzt auf der mit dem Förde motor elastisch gekuppelten Vorgelegewelle. Ei Sicherheitsbackenbremse, die durch ein Fallgewicht ei geschaltet wird, wirkt unmittelbar auf den Tromm antrieb. An einem Teufenzeiger kann der Maschin jederzeit den Stand der beiden Mitnehmerwagen ables

Die Mitnehmerwagen laufen auf denselben Schien wie die Züge. Das Förderseil greift in der Zugach an. Der Seilverschluß und der Puffer, der gegen d Wagenpuffer drückt, sind kräftig gefedert, damit Stö vermieden werden. Die Mitnehmerwagen waren früher m Sicherheitsfangvorrichtungen versehen, die bei Seilbru den plötzlich haltlos gewordenen Zug festsetzten.

Das Förderseil von 48 mm Dmr. ist als Dreika litzen-Stahlseil mit 170 kg/mm² Bruchfestigkeit gewick Bei 23,6 t Höchstbelastung, 1025 mm² Gesamtquerschn (tragend) und dementsprechend 174,25 t Gesamtbru festigkeit hat das Seil demnach eine 7,5-fache Sicherh die im Hinblick darauf, daß nur Güter und keine P sonen befördert werden, durchaus genügt. Die Zugkrä im aufwärts- und abwärtsgehenden Seiltrum gibt das A beitsdiagramm, Abb. 7, an.

a oben angekommener Vollzug in der Mulde stehend
b Leerzug am oberen Wechsel hinter dem Mitnehmerwagen im Gefälle stehend
c Mitnehmerwagen
d Vollzug am unteren Wechsel in der Mulde
e in der Unterstation ankommender Leerzug
f Leerzug in der unteren Mulde
g Mitnehmerwagen
h Weichenstellerhäuschen und Seilumführung
i Fördermaschine
k Blockierungen am oberen Wechsel
l Seilrollen
m Blockierungen am unteren Wechsel
n frühere Fahrleitung für elektrische Notbremse am Mitnehmerwagen

Abb. 10
Arbeitsdiagramm des Schrägaufzuges auf Grube Meurostolln.

Abb. 11
Geschwindigkeitsdiagramm des Schrägaufzuges auf Grube Meurostolln

a der untere Mitnehmerwagen wird an den Vollzug herangezogen, während der obere den Leerzug magnetisch auf die Rampe zieht
b Einfühlen des unteren Mitnehmerwagens mit dem Vollzug
c gleichbleibende Geschwindigkeit während der Fahrt auf der Rampe
d Abfallen der Geschwindigkeit der Wagen an den Wechseln

Der Schrägaufzug auf Grube Meurostolln

Bei der andern Anlage dieser Art auf der Grube eurostolln führt der Schrägaufzug die Wagen nicht ımittelbar über den Bunker, sondern die Vollzüge üssen an der Oberfläche mit Lokomotiven abbefördert ıd die Leerzüge ebenso dem Schrägaufzug zugeführt erden; dadurch erhält der obere Wechsel ein etwas ıderes Aussehen, Abb. 8 und 9. Der oben ankommende itnehmerwagen schiebt den Zug über einen Gleisbuckel eine Gleissenkung, in der er stehen bleibt und an eine ›komotive angekuppelt wird. Der Leerzug wird von der ›komotive bis an den auf dem Gefälle in der Oberstation ıltenden Mitnehmerwagen gefahren. Bei Beginn des ›rderspiels läuft der Leerzug durch Schwerkraftwirkung ›m Mitnehmerwagen auf der geneigten Bahn nach. Durch ›e von dem Mitnehmerwagen gesteuerten Blockierungen wird verhindert, daß ein unvorsichtig heranfahrender Zug mit Lokomotive die Rampe hinuntersaust, wenn kein Mitnehmerwagen in der Oberstation hält. Den Kräfteverlauf während des Förderspiels zeigt das Arbeitsdiagramm Abb. 10.

Mit dieser Anlage werden bei jedem Spiel fünf 20 m³-Wagen aus der Grube heraufgeholt. Bei voller Ausnutzung leistet sie 750 t/h. Die Aufzuggeschwindigkeit beträgt 1,5 m/s, Abb. 11. Das Diagramm zeigt bis zum Punkt a das schnelle Ansteigen der Geschwindigkeit des

Abb. 8 und 9
Schrägaufzug für Großraumwagen-Zugförderung auf der Grube Meurostolln bei Senftenberg.

Abb. 12
Fördermaschine des Schrägaufzuges auf Grube „Meurostolln".

Mitnehmerwagens, wenn er unbelastet bis zu dem in der Mulde stehenden Vollzug läuft, dann das Ausgleichen der Geschwindigkeiten des Zuges und des Mitnehmerwagens bis b, die gleichmäßige Geschwindigkeit bei c, solange sich Vollzug und Leerzug auf der im Verhältnis 1 : 6 ansteigenden Rampe bewegen, und schließlich das Abfallen, d, wenn der Leerzug in der Gleissenkung stehen bleibt, der obere Mitnehmerwagen den Vollzug über den oberen Gleisbuckel hinwegschiebt und der untere Mitnehmerwagen durch das Hinterseil auf das Kopfgleis gezogen wird.

Das Seil hat ebenfalls 48 mm Dmr., die Höchstlast am Seil beträgt 24 750 kg. Um dem Seil die nötige Geschwindigkeit zu geben, läuft die Trommel, Abb. 12, die 5 m Dmr. hat, mit 5,73 U/min. Der asynchrone Drehstrommotor für 338 kW Spitzenleistung und 280 kW Dauerleistung macht 730 U/min, so daß drei Stirnradvorgelege ein Übersetzungsverhältnis von 127,2 : 1 auszugleichen haben. Die Mitnehmerwagen waren mit elektromagnetischen Schienenbremsen ausgerüstet, die in Gefahrfällen einsetzen sollten, sich aber als unnötig erwiesen haben.

Vorteile und Nachteile der Anlagen

Bei diesen beiden Anlagen[1a]) werden die Züge auf der Unterstation söhlig seitlich an den Mitnehmerwagen vorbei gewechselt, so daß keine besonderen Senkgruben für die Mitnehmerwagen anzulegen sind.

Die wesentlichsten Vorteile, die mit diesen Schrägaufzügen erreicht worden sind und dauernd in Erscheinung treten, bestehen im folgenden: Der Förderweg auf der Grube Meurostolln ist um 1,6 km verkürzt worden. Das Doppelte dieser Strecke wird also an Gleisen gespart, und damit entfällt dauernd ein erheblicher Teil an Kosten für Gleiserhaltung, Lohn und Material. An Arbeitern werden dadurch 30 Mann erspart. Der Verbrauch an Bremsklötzen betrug bei einer Adhäsionsbahn jährlich 4000 Stück, bei der Anlage mit Schrägaufzug 50 Stück. Außerdem wurden 50 vH der Wagen und mindestens ebensoviel Lokomotiven erspart. Schließlich ist auch die Belastung der Kraftanla geringer und gleichmäßiger, weil die Leergewichte vo ständig ausgeglichen werden und die Zuglokomotiv für den wagerechten Teil der Förderung eine wesentli geringere Leistung zu haben brauchen als bei ei Reibungsbahn. Da in der Hauptsache Drehstrom v wendet werden kann, werden Verluste, die sonst dur die Umformung des Drehstroms in Gleichstrom entsteh vermieden.

Ein Nachteil, der allerdings gegenüber diesen V teilen nur wenig ins Gewicht fällt, ist der, daß bei d beschriebenen Schrägaufzügen die Unterstation verhältn mäßig lang ist, wodurch ein Kohlenstreifen der Nutzu entzogen wird. Eine neue Bauart der Unterstation na Plänen der Maschinenfabrik Buckau ist beträchtli kürzer. Bei dieser Bauart steht der Mitnehmerwagen v Beginn des Förderspiels an unmittelbar hinter dem V zug. Der Fördermotor wird also gleich voll beanspruc Ein weiterer ebenfalls geringwertiger Nachteil beste darin, daß die Förderseile in der Unterstation die äuße Schienen der Zuggleise an den unteren Ausfahrtweich kreuzen. Die Seile legen sich, damit sie nicht durch darüber fahrenden Förderwagen beschädigt werden, Schienenspalten mit besonderen Herzstücken ein. Die Einlegen erfordert scharfe Beobachtung. Im langjährig Betrieb sind aber hier Schäden noch nicht aufgetreten.

Abänderungsentwürfe

Um diesen Nachteil zu vermeiden, hat die Maschin fabrik Hasenclever, A.-G., Düsseldorf, einen Eins Schrägaufzug mit versenkbarem Schubwagen entworf, Abb. 13 und 14. Der Schubwagen läuft auf einem beson ren Schmalspurgleis, das in dem eigentlichen Fahrgleis v legt ist und an der Unterstation auf jeder Seite in ei Grube endet. Diese Grube ist so tief, daß die Voll- und Le züge über den in der Grube stehenden Mitnehmerwagen h wegfahren können. Die von oben ankommenden Leerzü können dann durch eigene Schwere über den Schubwag in eine Gleissenkung gelangen, von wo sie durch die L komotiven abgeholt werden, die den Vollzug auf Rampe hinaufschieben. Werden Wagen mit Mittelpuf für die Förderung verwendet, so kann der schmale M nehmerwagen unmittelbar hinter den Zug gesetzt werd Haben die Wagen aber zwei Puffer so muß ein bes derer Zwischenwagen mit zwei Puffern an einer und einem Puffer an der andern Seite die Schubkraft von d Schubwagen auf die Wagenpuffer verteilen. Die Zwischenwagen muß dann normalspurig sein und lä zweckmäßig mit dem Zug zum Bagger. Er wird mit ei Vierradbremse zur Sicherung bei Seilbruch und mit selb tätiger Wagenkupplung ausgerüstet. Der Mitnehm wagen hat Laufrad-Gegendruckrollen, Abb. 15, die sicher auf den Gleisen halten.

Auch die Anlage der Gruben kann man vermeid die Weichen für das Beiseitefahren der Mitnehmerwag

[1a]) DRP Nr. 365 792.

Weg zum Ausstoßen des Zuges oben

Abb. 13 und 14

a Schubwagen *b* Zwischenwagen *c* Förderwagen *d* Versenkgrube mit Prellbock und Seilumführung

Abb. 13 bis 15
Einseil-Schrägaufzug mit versenkbarem Schubwagen.

Abb. 15

a Seilführungsrolle *b* Führungsrollen am Schubwagen

nd damit die Schieneneinschnitte fallen weg, wenn das ugseil nicht zwischen den Gleisen, sondern daneben zu egen kommt. Dann muß allerdings für jede Zugseite n Mitnehmerwagen an einem Seil gezogen werden. Die nlage erfordert daher für jede Fahrtrichtung zwei Seile, wei Mitnehmerwagen, einen Zwischenwagen und vier hienenstränge, nämlich zwei für die Förderwagen und ch je einen für die beiden Mitnehmerwagen, Abb. 16 d 17. In dem unteren Haltepunkt laufen die Mithmerwagen auseinander und geben so das Hauptgleis ei.

Schubwagen und Zwischenwagen werden ersetzt rch einen sogenannten Portalschubwagen bei einer dritten sung. Dieser Portalschubwagen wird ebenfalls von ei Seilen, die außerhalb des eigentlichen Fahrgleises gen, gezogen. Die Seile greifen in Pufferhöhe an, so ß sich der Schubwagen nicht aufbäumt und die Laufder durch den Stützdruck der Last nicht zusätzlich belstet werden, wie bei dem zwischen den Schienen genden und unterhalb der Puffer angreifenden il. Ein heb- und senkbarer Pufferbalken in dem Portschubwagen, Abb. 18 und 19, ersetzt den Zwischengen. Der Pufferbalken wird von einem Motor, dem r Strom aus der Fahrleitung für die elektrischen Zugkomotiven über Bügelstromabnehmer zugeführt wird, er mit einer Handkurbel über entsprechende Vorgege und Schraubenspindeln in jede beliebige Pufferhöhe senkt und ganz angehoben, damit der Zug durch den Portalwagen hindurchfahren kann. Hier ist es also gleich, in welcher Höhe die Puffer stehen, während bei den bisher besprochenen Anlagen immer eine bestimmte Pufferhöhe für die Mitnehmer- oder Zwischenwagen maßgebend war. Vor- und Hinterseile sind durchgehend gefedert, so daß Stöße nicht übertragen werden.

Als wichtiger Vorteil dieser letzten drei Anlagen wird besonders der Fortfall der Schieneneinschnitte in den Fahrgleisen betont, wodurch die Gefahr des Überfahrens und Beschädigens des Förderseils behoben ist. Nachteilig ist allerdings auch bei der zuletzt beschriebenen Anlage mit Portalschubwagen der kostspieligere Gleisbau mit vier Schienensträngen und das doppelte Förderseil, das dann allerdings schwächer als bei Einseilbetrieb gehalten werden kann.

Andere Aufzugarten

Auch die Möglichkeit, die Kohlen aus tiefen Tagebaugruben mit einer Z a h n r a d b a h n mit großer Steigung an die Oberfläche zu bringen, ist ausgenutzt worden. Eine solche Anlage befindet sich z. B. auf der Grube „Fürst Bismarck" der Braunkohlenwerke Leonhard A.-G., Zipsendorf, Kreis Zeitz, in Betrieb. Sie arbeitet in derselben Weise wie die Zahnrad-Bergbahnen.

Neuerdings haben noch die Mitteldeutschen Stahlwerke A.-G., Lauchhammerwerk, eine Anlage zur s e n k r e c h t e n F ö r d e r u n g ganzer Kohlenzüge vorgeschlagen[2]). Zwar wird dadurch der Nachteil der Schrägbahn vermieden,

[2]) „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 21 (1928) Nr. 1 S. 30.

Abb. 16 und 17
Schrägaufzug mit Doppelseilen und seilfreien Fahrgleisen.

a Förderwagen *b* Zwischenwagen *c* Schubwagen *d* Fördermaschinen *e* Spannrollen

Abb. 18 und 19
Portal-Schubwagen.

a Stromabnehmer b Streckenfahrleitung c Hubvorrichtung für den Sperrbalken d Zugseil e Sperrbalken f Abfederung g Unterseil

für die Rampe eine bestimmte Menge abbaufähiger Kohle stehen lassen zu müssen, doch ist die Anlage recht teuer, da man besonders in schlechtem Boden ein ausreichendes Fundament schaffen muß, um den Bodendruck auf 2 bis 3 kg/cm² zu halten, und der Fördertum ebenfalls erhebliche Baukosten erfordert. In dem Turmgerüst sollen sich die Förderkörbe mit den Voll- und Leerzügen, die aus vier bis sechs Wagen von je 20 bis 30 t Inhalt bestehen, auf- und niederbewegen. Die Totlasten gleichen sich fast vollkommen aus, so daß für den Antrieb zwei Motoren von verhältnismäßig geringer Leistung genügen. Jeder Förderkorb hängt an 16 bis 20 Seilen, deren Belastung ausgeglichen wird, damit ein Seil nicht überbeansprucht wird. Auf jeden Antriebmotor wirkt ein Bremslüftmagnet, und sämtliche Seiltrommeln können mit einer Druckluftbremse auf der Hauptantriebswelle abgebremst werden. In Ruhestellung oben und unten sind die Seile durch selbsttätig einrückende Haltevorrichtungen e[illegible] lastet. Sonstige Abfangvorrichtungen sind wegen d[illegible] Vielzahl der vorhandenen Seile nicht erforderlich.

Dieser Vorschlag ähnelt sehr stark den Förderung[illegible] in Steinkohlen-Tiefbaubetrieben. Wenn schon die Schrä[illegible] aufzüge nur für die Betriebe mit tiefen Tagebaugrub[illegible] lohnend sind, so gilt das für diese senkrechten Aufzü[illegible] in noch stärkerem Maß, und es wird angegeben, daß s[illegible] sich gut für Förderhöhen von 90 m eignen. Für eben[illegible] tiefe Gruben schlägt Prof. Spackeler[3]) schließli[illegible] auch Kübelförderung vor, die in amerikanisch[illegible] Bergbaubetrieben schon lange üblich ist und auch a[illegible] deutschen Werken allmählich Eingang findet. Infolge d[illegible] zweimaligen Umladung muß aber hier die Grenze d[illegible] Wirtschaftlichkeit in jedem Fall genau festgeste[illegible] werden. [B 1510]

[3]) „Braunkohle" Bd. 22 (1923/24) S. 232 ff.

Kesselbleche bei erhöhten Temperaturen

Untersuchungen über das Verhalten von Kesselblechen bei erhöhten Temperaturen sowie über Alterung und Rekristallisation[1])

Für die Untersuchungen standen vierzehn Kesselbleche zur Verfügung, Zahlentafel 1, zehn unlegierte und vier nickellegierte, die teils im Siemens-Martin-Ofen, teils im Elektroofen erschmolzen worden waren. Die Festigkeitswerte bei Raumtemperatur bewegen sich zwischen 34,4 und 59,7 kg/mm². Die Blechdicke betrug 20 mm. Sämtliche Bleche waren betriebsmäßig geglüht.

Über die Ergebnisse der mechanischen Prüfung im Temperaturbereich von 0 und 20 bis 500 ° unterrichtet Abb. 1. Die Streckgrenze sinkt mit steigender Versuchstemperatur stetig. In den Fällen, wo bei höheren Temperaturen keine deutlich ausgeprägte Streckgrenze im Spannungs-Dehnung-Schaubild mehr zu erkennen war, ist die 0,2-Dehngrenze eingesetzt und die Schaulinie gestrichelt fortgeführt worden. Die Schaulinien, die die Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Prüftemperatur darstellen, zeigen zunächst einen geringen Abfall bis zu etwa 100 °, sodann einen mehr oder weniger steilen Anstieg mit einem Höchstwert im Temperaturgebiet von 200 bis 300° und weiterhin einen stetigen Abfall mit steigender Ve[illegible] suchstemperatur. Die Dehnungs- und Einschnürungsscha[illegible] linien nehmen den umgekehrten Verlauf. Dem Höch[illegible] wert der Zugfestigkeit bei 200 bis 300 ° entspricht e[illegible] Tiefstwert der Einschnürung bei ungefähr denselben Temp[illegible] raturen und ein Tiefstwert der Dehnung bei in der Reg[illegible] etwas niedrigeren Wärmegraden.

Abb. 1. Festigkeits-Eigenschaft[illegible]

[1]) F. Körber und A. Pomp. Mitt. K.-W.-Inst. f. Eisenforsch. 9 (1927) S. 339 bis 400.

Zahlentafel 1
Chemische Zusammensetzung der Bleche

Blechsorte	Bezeichnung	C vH	Mn vH	Si vH	P vH	S vH	Ni vH	Cu vH
I	A 1	0,06	0,43	Spuren	0,016	0,029	—	0,17
	B 1	0,06	0,46	„	0,031	0,040	—	0,21
	C 1	0,07	0,42	„	0,021	0,046	—	0,14
	E b	0,07	0,42	„	0,025	0,039	—	0,18
	E s	0,11	0,48	0,12	0,037	0,043	—	0,17
II	A 2	0,11	0,64	0,18	0,037	0,032	—	0,16
	D 2	0,14	0,57	Spuren	0,030	0,024	—	0,12
III	B 3	0,25	0,47	„	0,033	0,030	—	0,17
	C 3	0,29	0,60	„	0,026	0,036	—	0,14
	D 3	0,25	0,55	„	0,033	0,032	—	0,11
3 vH Ni	F 3	0,12	0,62	0,19	0,018	0,017	3,37	0,05
	G 3	0,09	0,56	0,21	0,022	0,016	3,18	0,12
5 vH Ni	F 5	0,11	0,61	0,16	0,013	0,018	4,69	0,05
	G 5	0,09	0,62	0,10	0,028	0,015	4,80	0,11

Die Kerbzähigkeits-Temperatur-Schaulinien weisen in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen folgenden allgemeinen Verlauf auf: einen Höchstwert bei etwa 50 bis 100 °, einen steilen Abfall nach der Seite der niedrigen Temperaturen und ein langsames Absinken mit steigender Prüftemperatur. Der Grad und die Lage des Steilabfalles in den Kerbzähigkeits-Temperatur-Schaulinien sind von Blech zu Blech verschieden. Bei den nickelhaltigen Blechen tritt ein Abfall der Kerbzähigkeit erst unterhalb 0 ° auf.

Die Ergebnisse der Kerbbiegeprüfung für das Blech A 1 sind in Abb. 2 wiedergegeben. Die Untersuchungen wurden bei Prüftemperaturen von 0, 20, 100 und 200 ° vorgenommen. Die von der Probe getragene **Höchstlast** ändert sich innerhalb des untersuchten Temperaturbereichs nur wenig, dagegen weist die **Durchbiegung** in der Nähe der Raumtemperatur einen deutlichen Höchstwert auf. Zu höheren Prüftemperaturen hin erfolgt ein ständiges Absinken; bei 200 ° ist die Durchbiegung um mehr als die Hälfte zurückgegangen. Auch das Arbeitsvermögen bis zur Erreichung der Höchstlast und bis zum Eintritt des Bruches hat einen Höchstwert bei Raumtemperatur und nimmt mit steigender Versuchstemperatur ab. Bei 200 ° ist das Arbeitsvermögen auf rund die Hälfte des bei Raumtemperatur ermittelten Betrages zurückgegangen. Die übrigen untersuchten Bleche zeigen ein ähnliches Verhalten. Mit steigender Festigkeit nimmt die Höchstlast zu und die Durchbiegung ab. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Kerbbiegeprüfung liegen die bei 200 ° ermittelten Kerbzähigkeitswerte durchweg erheblich höher als bei Raumtemperatur.

Von den Ergebnissen der Feinmessungen seien nur die bei Blech A 1 erhaltenen Werte angeführt. In Abb. 3 sind die spezifischen Belastungen in Abhängigkeit von der Temperatur aufgetragen, die einer bleibenden Dehnung von 0,01, 0,03 und 0,2 vH entsprechen. Abb. 3 enthält auch die Werte der Dauerstandfestigkeit für den Temperaturbereich von 300 bis 500 °. Die Dauerstandfestigkeit wurde nach dem von A. Pomp und A. Dahmen entwickelten abgekürzten Prüfverfahren ermittelt[2]). Die Elastizitätsgrenze und die 0,2-Grenze nehmen mit steigender Prüftemperatur stetig ab. Die Lage der Dauerstandfestigkeit zu den drei Dehngrenzenwerten ist je nach der Höhe der

[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1034.

Abb. 3 Dehngrenzen und Dauerstandfestigkeit bei erhöhten Temperaturen.

Zeichenerklärung zu Abb. 3:
× — — — × 0,01-Grenze
⊗ ——— ⊗ 0,03- „
+ ——— + 0,2- „
⊙ —··— ⊙ Dauerstandfestigkeit

Abb. 2 Statische Kerbbiegeversuche bei erhöhten Temperaturen.

Abb. 4
Änderung von Streckgrenze und Zugfestigkeit durch Alterung (gereckt und gelagert) im Vergleich zum Glühzustand.

Zugfestigkeit
Streckgrenze
Zunahme von Zugfestigkeit und Streckgrenze durch Alterung

Abb. 6
Änderung von Einschnürung und Dehnung durch Alterung (gereckt und gelagert) im Vergleich zum Glühzustand.

Einschnürung
Dehnung
Abnahme } von Einschnürung ode[r]
Zunahme } Dehnung durch Alteru[ng]

Abb. 5 und 7
Änderung der Festigkeitseigenschaften von Kesselblechen durch Recken und Anlassen im Vergleich zum Glühzustand

Prüftemperatur verschieden. Bei 30[0] liegt die Dauerstandfestigkeit z. B. zw[i]schen der 0,2-Grenze und der 0,0[1-] Grenze. Bei 400 ° fällt sie mit der 0,0[1-] Grenze zusammen und bei 500 ° lie[gt] sie sogar unter der 0,01-Grenze. Äh[n]liche Verhältnisse weisen auch d[ie] übrigen untersuchten Bleche einschlie[ß]lich der nickelhaltigen auf. Eine B[e]ziehung zwischen der Dauerstandfesti[g]keit und den drei untersuchten Deh[n]grenzen ist nicht ersichtlich. Es b[e]steht daher keine Möglichkeit, d[ie] Dauerstandfestigkeit, deren Bestimmu[ng] immerhin mit gewissen Umständlic[h]keiten verknüpft ist, durch eine m[it] einfacheren Hilfsmitteln feststellba[re] Eigenschaft zu ersetzen. Bei der Prü[f]temperatur von 500 ° wurden Dau[er]standfestigkeiten, die ungleichmäß[ig] zwischen 1 und 4,4 kg/mm² schwankte[n,] gefunden. Bei dieser Prüftemperat[ur] lassen auch die härteren Bleche kei[ne] Überlegenheit gegenüber den weich[e]ren Blechsorten mehr erkennen.

Abb. 8
Änderung der Kerbzähigkeit durch Alterung (gereckt und gelagert) im Vergleich zum Glühzustand.

Abb. 9
Änderung der Kerbzähigkeit durch Alterung (gereckt und angelassen) im Vergleich zum Glühzustand.

Abb. 10 und 11 Änderung der Festigkeitseigenschaften durch Rekristallisation im Vergleich zum Glühzustand.

Abb. 12 Änderung der Kerbzähigkeit durch Rekristallisation im Vergleich zum Glühzustand.

Zur Untersuchung der Kesselbleche auf ihre Alterungs-
npfindlichkeit wurden vorgereckte Proben bis zu 270 Tagen
i Raumtemperatur gelagert (natürliche Alterung) oder
h bei 200 ° angelassen (künstliche Alterung). Durch das
ltern haben die Zugfestigkeit und in verstärktem Maße
e Streckgrenze eine Zunahme erfahren, Abb. 4 und 5,
ıd zwar bei sämtlichen untersuchten Blechen etwa in dem-
lben Ausmaße. Die Gegenüberstellung läßt ferner erkennen, daß die Lagerzeit von 270 Tagen noch nicht dieselbe Wirkung erzielt hat wie das Anlassen auf 200 °.

Die Dehnungs- und Einschnürungswerte der gealterten Proben lassen hinsichtlich der Dehnung durchweg eine Abnahme sowohl bei der natürlichen als auch bei der künstlichen Alterung erkennen, während die Einschnürung sich weniger eindeutig verhält. Der Rückgang ist besonders deutlich bei den weicheren Blechen zu erkennen, Abb. 6 und 7.

Weit größere Unterschiede treten in den Kerbzähigkeitswerten der gealterten Bleche auf, Abb. 8 und 9. In allen Fällen ist durch das Altern die Kerbzähigkeit verschlechtert worden. Besonders stark ist der Rückgang der Kerbzähigkeit bei den weichen Blechsorten. Als wenig alterungsempfindlich haben sich die nickellegierten Bleche und das Blech A 2 erwiesen, das einen verhältnismäßig hohen Mangan- und Siliziumgehalt aufweist.

Zur Feststellung des Verhaltens der Bleche gegenüber grobkörniger Rekristallisation wurden die Proben um 10 vH gereckt und 1 h lang unter A_3 geglüht. Die Änderungen der Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Einschnürung infolge dieser Behandlung sind in Abb. 10 und 11 zusammengestellt. Zugfestigkeit und Streckgrenze werden erniedrigt, Dehnung und Einschnürung verhalten sich weniger eindeutig. Während die beobachteten Änderungen der Zugfestigkeit von der chemischen Zusammensetzung unabhängig sind, zeigt die Streckgrenze der weicheren Blechsorten eine stärkere Abnahme als die der härteren und nickellegierten.

Die durch dieselbe Behandlung erreichte Änderung der Kerbzähigkeit ist aus Abb. 12 ersichtlich. Auch in diesem Falle tritt bei den weicheren Blechsorten der stärkste Abfall in den Kerbzähigkeitswerten ein. Von den höher kohlenstoffhaltigen Blechen zeigen einige nur eine geringe Neigung zur grobkörnigen Rekristallisation, während andre (B 3 und D 3) in stärkerem Maße hiervon betroffen werden. Ein sehr günstiges Verhalten weisen die nickellegierten Bleche auf, die praktisch keine Abnahme der Zähigkeit erlitten haben.

Das Ergebnis der Untersuchungen läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß die härteren Blechsorten, insbesondere die nickellegierten Stähle, den kohlenstoffärmeren Blechen hinsichtlich des Verhaltens bei erhöhten Temperaturen, der Alterungsempfindlichkeit und der Neigung zu grobkörniger Rekristallisation im allgemeinen überlegen sind. [M 1484]

Düsseldorf A. Pomp

Trockene Kokskühlung Bauart Collin

Die auf der Henrichshütte in Hattingen seit Anfang
27 in Betrieb befindliche Kokskühlanlage Bauart Collin
ıfaßt 17 einzelne Kühlkammern, die immer je drei Öfen
ıer aus 50 neuzeitlichen Öfen bestehenden Koksofengruppe
lienen. Der glühende Koks fällt aus dem Ofen über einen
rt drehbaren Seitenschildern versehenen Koksführungs-
gen in die durch Wasserverschlüsse abgeschlossenen
hlkammern. Diese haben gußeiserne Treppenroste, durch
d das wärmeaufnehmende Umlaufgas mit etwa 70 ° tritt,
u. nach Bestreichen des Kokses mit 500 bis 600 ° durch
en Sauger zwei Rauchrohrkesseln zugeführt zu werden.

Bei einem Dampfdruck von 14 at und einer Überhitzung
1 350 ° werden auf 1 t Koks rd. 400 kg Dampf erzeugt[1]).
rbei muß jedoch noch der ziemlich hohe Kraftbedarf
(kW) für den Sauger zum Umwälzen der Gase erwähnt
rden, für den billiger Antriebsstrom zur Verfügung stehen
ß. Die Löschkammern selbst sind mit Steeler Zechen-
nen ausgefüttert und durch Isolierstoffe weitgehend gegen
rmeausstrahlung geschützt. Der Anfall an Koksasche
d durch die Trockenkühlung von 5,65 auf 1,89 vH ge-
kt. Während Druck- und Abtriebfestigkeit die gleichen
bei naß gelöschtem Koks sind, liegt die Sturzfestigkeit
trocken gekühlten Kokses nach Versuchen über der des
gelöschten.

Die Wirtschaftlichkeit der Trockenkühlung ist im vor-
enden Falle einer Hüttenkokerei durch den großen Dampfbedarf der Hütte ohne weiteres gegeben. Die Gewinne an Dampf und Koksmehrausbringen sind so groß, daß die Anlage in zwei Jahren abgeschrieben ist. Bei Zechenkokereien sind jedoch gewöhnlich große Mengen minderwertiger Brennstoffe vorhanden, die keine Frachtbelastung vertragen und daher in erster Linie im Eigenbetriebe zur Dampferzeugung herangezogen werden müssen. Außerdem legen die Zechen augenblicklich wegen der Verkaufsbestimmungen des Syndikates keinen besonderen Wert auf die in technischer Beziehung vollkommen durchgebildete Trockenkühlung, da der Koks entsprechend den heutigen Verkaufsnormen mit einem Wassergehalt von 4 bis 5 vH verkauft wird. Es müßte den Zechen für trocken gekühlten Koks daher ein entsprechender Mehrpreis zugebilligt werden.

[N 1892] Pr.

[1]) Stahl und Eisen Bd. 48 (1928) S. 905.

Metallkunde und Technik

Berichtigung. In dem Bericht über den Vortrag von Dir. Roth in Z. Bd. 71 (1927) S. 1625 ist das Gewicht der neuen leichtesten Stahlbauart für die Wagen der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen mit 40 t angegeben. Nach einer Mitteilung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft beträgt das Gewicht dieser Wagen, und zwar der Triebwagen einschließlich der vollständigen elektrischen Ausrüstung, 37,9 t, das Gewicht der Beiwagen 27 t.

[N 1963]

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Dampftechnik

Ergebnisse der Wasserdampfforschung in Amerika

Von Max Jakob, Berlin

Flüssigkeitswärme des Wassers zwischen 0 und 100°. — Zustandsgrößen des Wasserdampfes von 310 bis 400° bei 95 bis 270 at. — Vergleich mit Molliers Dampftabellen und Ergänzung der vorläufigen amerikanischen Dampftabellen. — Wärmerückgewinn bei Dampfturbinen

Seit sechs Jahren arbeiten das Bureau of Standards, das Massachusetts Institute of Technology und die Harvard-Universität, denen sich vor zwei Jahren noch die General Electric Co. angeschlossen hat, gemeinsam mit verteilten Rollen an der Erforschung der Eigenschaften des Wasserdampfes, besonders bei hohem Druck[1]).

Als erste hat die Harvard-Universität die schon vor dieser Gemeinschaftsarbeit begonnenen Messungen des Thomson-Joule-Effektes beendet; sie führten zu vorläufigen Dampftafeln, die bei der General Electric Co. ausgearbeitet wurden. Nun hat auch das Massachusetts Institute bedeutende Fortschritte erzielt und das Bureau of Standards wichtige Vorarbeiten abgeschlossen. H. N. Davis[2]) von der Harvard-Universität konnte daher in der letzten Tagung des amerikanischen Dampftafel-Ausschusses erklären: „Es wurden uns zuverlässige Versuchsergebnisse über Wasser und Dampf vorgelegt, die nach Umfang und Güte unsre Forschungen neben denen des Laboratoriums von Prof. Knoblauch in München und der Reichsanstalt in Berlin als die bedeutendsten Beiträge auf diesem Gebiet seit Regnault erscheinen lassen."

Überblickt man die Ergebnisse an der Hand des neuesten Berichtes[3]), so muß man Davis durchaus zustimmen. Freilich sind auch, wie der Obmann des Ausschusses, G. A. Orrok, mitteilte, ungewöhnliche Mittel dafür eingesetzt worden, nämlich bis zum 1. Dezember 1927 über 240 000 ℛℳ, die beträchtlichen Sonderausgaben der Institute und der General Electric Co. nicht eingerechnet. Bemerkenswert ist, daß davon über 50 000 ℛℳ die öffentlichen Licht- und Kraftwerke und 185 000 ℛℳ industrielle Gesellschaften aufgebracht haben.

Flüssigkeitswärme des Wassers

N. S. Osborne, H. F. Stimson und E. F. Fiock haben im Bureau of Standards mit der Bestimmung der mittleren spezifischen Wärme des Wassers zwischen 0 und 100° in elektrischen Energieeinheiten begonnen. Da man die Beziehung zwischen der elektrischen und mechanischen Arbeit als bekannt annehmen darf, so erhält man hierdurch mittelbar einen neuen Wert für das mechanische Wärmeäquivalent. Das Verfahren besteht darin, elektrisch erzeugte und gemessene Wärme auf Wasser in einem gegen Wärmeabgabe nach außen isolierten Behälter aus Metall zu übertragen. Indem man verschiedene Wassermassen (zwischen 250 und 500 g) erwärmt, fällt bei Differenzbildung der Wasserwert des Behälters von etwa 210 g im wesentlichen aus der Rechnung heraus. Die Berichtigung für das Verdampfen von Wasser ist im Bereich von 0 bis 100° gering und aus bekannten Werten zu berechnen.

Im ganzen wurden 32 Versuche ausgeführt; sie ergaben im Mittel 418,76 internationale Joule oder nach Umrechnung der Verfasser $418{,}90 \cdot 10^7$ Erg für die Erwärmung von 1 g Wasser von 0 auf 100°. Die absolute Genauigkeit dieses Mittelwertes wird auf $\pm 0{,}02$ vH geschätzt.

In Deutschland geht man im allgemeinen aus von der sogenannten 15°-Kalorie, der Wärmemenge, durch die 1 g Wasser bei 15° um 1° erwärmt wird. Nach den in der Reichsanstalt durch Jaeger und v. Steinwehr ausgeführten Messungen entspricht diese Kalorie 4,1842 internationalen Joule, also nach den (ebenfalls aus der Reichsanstalt stammenden) Messungen von Grüneisen und Giebe $4{,}1863 \cdot 10^7$ Erg. Die mittlere Kalorie ($^1/_{100}$ der zur Erwärmung von 1 g Wasser von 0 auf 100° erforderlichen Wärmemenge) gibt die fünfte Auflage von Landolt und Börnsteins Physikalisch-Chemischen Tabellen um 0,3 vT kleiner mit $4{,}185 \cdot 10^7$ Erg an, während die Amerikaner nun einen um fast 1 vT höheren Wert gefunden haben. Davon soll etwa ¼ vT daher rühren, daß sie nicht bei Atmosphärendruck, sondern beim Sättigungsdruck gemessen haben.

[1]) Vergl. M. Jakob, Z. Bd. 68 (1924) S. 732; Bd. 69 (1925) S. 712; Bd. 70 (1926) S. 1623; Bd. 71 (1927) S. 1435.
[2]) Mechanical Engineering Bd. 50 (1928) S. 158.
[3]) ebenda S. 151.

a Glasrohr
b Glasgefäß
c Schliff
d Warze
e Hahn
f Verbindungsrohr
g Schraubenzieher
h Packung
i konische Dichtung
j Pfropfen
k Goldscheibe
l Kapillare
m Verschlußstück

Abb. 1 und 2 Vorrichtung zum Einfüllen des Wassers.

Das Bureau of Standards scheint nun die mittle Kalorie als Grundeinheit ansehen zu wollen, was weg der schwierigen Bestimmung ihres Äquivalents vielleic nicht sehr praktisch ist, und gibt demnach als mechanisch Wärmeäquivalent des mittleren British Thermal Un 778,6 foot-pounds an.

Da 1 Erg $= 1{,}01977 \cdot 10^{-8}$ mkg ist, so wäre das mech nische Wärmeäquivalent, bezogen auf die amerikanisc neue mittlere Kalorie, 0,4272 mkg (statt 0,4269, bezogen a die 15°-Kalorie oder 0,4270, bezogen auf den bisher a genommenen Wert der mittleren Kalorie).

Das Bureau of Standards hat ferner 224 Messung des Wärmeinhalts des Wassers beim Sättigungsdru zwischen 0 und 210 °C in Stufen von 10° ausgeführt, wob nur noch die Berichtigungen für das Verdampfen fehlen.

Zustandsgrößen des überhitzten Dampfes

Nach dem Bericht von L. B. Smith geht man i Massachusetts Institute of Technology beim Einfüllen d Wassers in das Versuchsgefäß mit großer Feinheit vor.

Die Glasröhre a, Abb. 1 und 2, enthält die abgewoge Probe von reinem, luftfreiem Wasser. Dreht man d Rohr a in dem Schliff c, so stößt das untere Ende von an die Warze d und wird abgebrochen. Das Wasser ka durch f in die Kapillare l treten, die in das Versuchsgef führt; vorher wird die ganze Einrichtung über den Hahn evakuiert. Das Versuchsgefäß wird nun mit flüssiger Lu gekühlt, so daß alles Wasser hineinverdampft und si darin niederschlägt und gefriert. Jetzt wird mit de Schraubenzieher g, der durch die Packung h abgedichtet is der Pfropfen j gegen die Goldscheibe k gedrückt, die n das Versuchsgefäß abschließt. Dann wird die konisc Dichtung i abgenommen und durch das Verschlußstück Abb. 2, ersetzt, das durch eine Stahlkapillare mit dem Quec silberinjektor und der Druckwage verbunden wird. Na Auspumpen der Verbindungsröhren wird der ganze Rau oberhalb der Goldscheibe mit Quecksilber gefüllt. Set man nun Druck auf das Quecksilber, so wird die Gol scheibe k schnell durch Amalgamieren zerstört; damit i die Verbindung mit dem Wasser in dem Versuchsgefäß he gestellt und alles zum Versuch bereit. Auch bei den b 11 at reichenden grundlegenden Messungen von Kno lauch, Linde und Klebe[4]) war das Einbringen d Wassers wohl einer der schwierigsten Teile der Versuch führung.

[4]) Forschungsarbeiten Heft 21 (1905).

Abb. 3
Linien konstanten spezifischen Volumens und Sättigungslinien für Wasserdampf

Die bisherigen Messungen der Zustandsgrößen des über- tzten Dampfes haben sich auf spezifische Volumina ischen 0,005 und 0,020 m³/kg von 310 bis 400 ° und von bis 270 at erstreckt. Die vorläufigen Ergebnisse sind Abb. 3 wiedergegeben. Für die verschiedenen spezi- chen Volumina sind aus Abb. 3 an der Grenzkurve und i 400 ° die zugehörigen Drücke entnommen und in Zahlen- fel 1 mit Werten nach R. Mollier zusammengestellt, aus Tafel III der zweiten Auflage seiner Dampftabellen erpoliert wurden; dabei sind die Drücke auf 0,5 at ab- grundet.

Wie man sieht, stimmen die Werte der Mollierschen feln mit den amerikanischen Meßergebnissen besser über-

Abb. 4. Isothermen für überhitzten Wasserdampf

Abb. 5
Isobaren für überhitzten Wasserdampf.

Zahlentafel 1
Zustandsgrößen des Wasserdampfes nach Smith (S) und nach Mollier (M)

Spez. Vol. v	Temperatur und Druck an der Grenzkurve				Druck bei 300°	
m³/kg	t_S °C	p_S at	t_M °C	p_M at	p_S at	p_M at
0,005	369,7	215	372,8	222	—	—
0,00625	363,4	199	363,7	198,5	—	—
0,0075	356,6	184	356,9	183,5	234	233
0,01	343,6	157	343,4	154,5	202,5	204,5
0,0125	331,6	134	331,1	133	178	180,5
0,0150	321,2	117	320,7	116	157	161
0,0175	312,0	104	311,8	103	140	144
0,02	304,0	93	303,8	92,5	127	130,5

ein, als man bei so hohen Drücken erwarten durfte. Die Versuche werden nun auf größere spezifische Volumina ausgedehnt.

J. H. Keenan hat bei der General Electric Co. seine vorläufigen Dampftafeln[5]) aus dem Jahre 1926 durch die neuen Ergebnisse vervollständigt. In Abb. 4 und 5 sind die Werte $\frac{p\,v}{T}$ als Ordinaten aufgetragen, wie ich es in einer früheren Arbeit empfohlen und für Drücke bis 20 at durchgeführt habe[6]). Die Kreise sind die neuen Punkte des Massachusetts Institute of Technology, die nicht durch Punkte gedeckten Linien sind der früheren Dampftafel der American Society of Mechanical Engineers entnommen. Zum Vergleich sind ferner einige Isothermen nach Callendar in Abb. 4 eingetragen, die, wie man erkennt, sehr beträchtlich von den Versuchswerten abweichen. Auch diese Diagramme werden als vorläufig bezeichnet und sollen noch genauer ausgearbeitet werden.

Eine praktische Anwendung haben die bei der General Electric Company ausgearbeiteten vorläufigen Dampftafeln bei der Berechnung des Wärmerückgewinnes gefunden. Dieser rührt daher, daß die Reibungswärme einer Stufe

[5]) „Mechanical Engineering" Bd. 48 (1926) S. 147.
[6]) Z. Bd. 56 (1912) S. 1980.

Abb. 6
Wärmerückgewinnzahl R' in Abhängigkeit von Überhitzung und adiabatischem Wärmeabfall. (Nach E. L. Robinson).

Dem Diagramm liegt die Annahme eines Wirkungsgrades von 80 vH für eine Stufe zugrunde. Es gilt für Anfangsdrücke von 1,4 bis 49 at. Die beigefügten Überhitzungstemperaturen beziehen sich auf den Anfangszustand. Hierbei ist der Wärmerückgewinn $R'-1$, bei endlicher Stufenzahl n ist der Wärmerückgewinn annähernd $\frac{n-1}{n}(R'-1)$, beim Stufenwirkungsgrad η ist der Wärmerückgewinn annähernd $\frac{1-\eta}{0{,}2}(R'-1)$.

vom Dampf wieder aufgenommen wird und seiner Arbeit in den folgenden Stufen der Turbine zugutekommt. Das Verhältnis

$$R = \frac{\text{Wirklicher Wärmeabfall}}{\text{Wirkungsgrad einer Stufe} \times \text{adiabatischer Wärmeabfall}}$$

ist die Wärmerückgewinnzahl, $(R-1)$ der Wärmerückgewinn. Hierfür hat E. L. Robinson das in Abb. 6 wiedergegebene Diagramm ausgearbeitet. [M 1673]

Luftfahrt

Flugsicherheit

Eine vom Ingenieurklub, Philadelphia, dem Aeroklub von Pennsylvanien und der American Society of Mechanical Engineers (Bezirk Philadelphia) im Oktober 1927 veranstaltete Tagung behandelte die Frage der Flugsicherheit. Hervorragende Fachleute der Vereinigten Staaten kamen zu Wort[1]). Eine ähnliche große Tagung der deutschen Fachwelt wäre von großer Bedeutung und dürfte zur Lösung der schwierigen Aufgaben vieles beitragen.

Leighton widerspricht in Philadelphia mit Recht der Ansicht, daß 95 vH aller Unfälle Motorstörungen entspringen. Er führte eine große Zahl von Fällen an, wo der Führer die Herrschaft über das Flugzeug aus irgendwelchen Gründen verlor, ohne daß ein wirklicher Motorschaden vorlag. Von 377 Abstürzen innerhalb zweier Jahre in der amerikanischen Marineluftfahrt ist weniger als ein Viertel auf Fehler oder schlechtes Arbeiten des Motors zurückzuführen. Wenn Motorstörungen eintraten, trugen daran etwa zur Hälfte schlechte Wartung oder auch Nachlässigkeit des Flugzeugführers Schuld. Fehler im Arbeiten des Motors traten in den seltensten Fällen zutage, mehr schon Werkstoffehler. In falscher Anordnung und in Störungen der Zuleitungen lag auch oft die Ursache zu Brüchen.

Der Flugmotor hat einen Entwicklungsgrad erreicht, bei dem man nicht einen Motorfehler als genügende Erklärung für eine Zwangslandung oder einen Bruch gelten lassen kann. Der amerikanische Motor dürfte einen fast unbegrenzten Dauerlauf gewährleisten, so lange Benzin und Öl zufließen. Die Überholungen dürfen sich jetzt nach viel längeren Zwischenräumen folgen; ein großer Teil der amerikanischen Flugmotoren arbeitet weit mehr als 200 Betriebsstunden ohne Überholung.

Man ist an Begriffe, wie Höhe, Geschwindigkeit, Landegeschwindigkeit, Steigvermögen, Flügelbelastung usw. gewöhnt, jedoch hat sich die Überlegung, wie schwer der Motor ist, ausgedrückt in der Verhältniszahl kg/PS, noch zu wenig eingebürgert. Man würde sich sicherer fühlen in einem Flugzeug, für dessen Antrieb geringere Kraft genügt, als in Flugzeugen mit stärksten Motoren, selbst dann, wenn diese immer fehlerlos arbeiten würden. Beim heutigen Stande der Flugtechnik dürfte eine Pferdekraft höchstens rd. 12 kg des Gesamtfluggewichtes durch die Luft zu tragen vermögen, d. h. ein Flugzeug mit einem 250 PS-Motor wird ein Gesamtfluggewicht von 3000 kg wohl nicht überschreiten können. Lindberghs Flugzeug hatte beim Abflug rd. 10 kg/PS, Byrds etwas weniger, Chamberlins etwas mehr.

Beim Bau mehrmotoriger Flugzeuge ist zu bedenken, daß dem Zweck, den Flug fortzusetzen, wenn einer oder mehrere Motoren in der Luft stillstehen, eine große Nutzladefähigkeit geopfert werden müßte. Wenn wir mit geringer Geschwindigkeit zu fliegen in der Lage sein wollen kann nur eine geringe Flächenbelastung in Frage kommen was wiederum die Tragfähigkeit auf ein Mindestmaß herab setzt. Der einzige Weg, um die verkäufliche Nutzlas eines Flugzeuges zu heben, wäre, das Gewicht des Flug zeuges durch andre Bauweise zu vermindern; z. B. sei da Leergewicht eines Flugzeuges 1300 kg einschließlich de Gewichtes des Motors von rd. 250 kg. Bei der normalen Zuladung von 650 kg ist also das Gesamtfluggewicht 1950 kg Könnte man am Motor die Hälfte seines Gewichtes ein sparen, so könnte man bei gleichbleibender Leistung vo 250 PS 125 kg mehr zuladen. Wieviel mehr Gewinn a Nutzladefähigkeit würde jedoch erreicht werden, wenn ma beim Zellenbau die Hälfte des Gewichtes (1050 : 2 = 525 kg einsparen könnte. Die Nutzladung könnte also bedeuten erhöht werden, wenn die Bausicherheit bei so großen Ge wichtsminderungen gewährleistet bliebe. Wenn zuzugebe ist, daß gewisse Einsparungen beim Bau von Motoren un Zellen gemacht werden können, so doch wohl nicht in den im Beispiel erwähnten Maße.

Das Bestreben der Konstrukteure muß dahin gehen sich von althergebrachten Flügel- und Rumpfformen los zulösen und neue Wege der Formgebung, deren es wahrlic noch viele gibt, zum Zwecke der Gewichtsersparnis zu gunsten der zahlenden Last ohne Einbuße an Flugsicher heit einzuschlagen. Wenn wir uns fürchten, neue Ver fahren, weil sie unkonventionell und kostspielig sind, zu versuchen, können wir keine großen Vorteile für die Zu kunft erwarten.

Young führte aus, daß die Vereinigten Staaten gegen wärtig ein Luftnetz von 18 400 km Länge haben; 6590 km hatte man bis Mitte des Jahres 1927 mit Nachtfeuern ausgerüstet. Weitere 5440 km werden bis Mitte 1928 fü Nachtflug eingerichtet sein. Im deutschen Luftverkehr be steht längst kein so günstiges Verhältnis zwischen Ge samtnetzlänge und Nachtstrecken. Angesichts der große Wichtigkeit des Nachtluftverkehrs für die Wirtschaftlichkei und Wettbewerbfähigkeit mit erdgebundenen Verkehrs mitteln muß Deutschland in dieser Hinsicht weit größer Anstrengungen machen als bisher.

Was Richardson, Aldrin und insbesondere di Ozeanbezwinger Chamberlin und Byrd in ihren Rede streiften, dürfte von dem deutschen Ingenieur am meiste beachtet werden und richtungweisend für die ganze flug technische Welt sein. Bevor wir alle möglichen Betrach tungen zum Kapitel Flugsicherheit und deren Vervollkomm nung anstellen, die auch bei dem nicht im Luftfahrzeugba tätigen Ingenieur auf fruchtbaren Boden fallen dürften dürfen wir nicht vergessen, den Begriff „Flugsicherheit" streng von dem der „Flugsicherung" zu scheiden. Aller dings, die eine oder andre Flugsicherung ist so unerläß lich für Flugsicherheit, daß die Grenze zwischen beide Begriffen nicht mehr scharf gezogen werden kann.

Um die Flugsicherheit zu erhöhen, hat Daniel Guggenheim, New York, einen Wettbewerb ausgeschrieben dessen Bedingungen aus allen in Philadelphia gehaltene Vorträgen herauszuhören sind. Wenn Ende 1929 de 100 000 $-Sieger aus diesem Wettbewerb feststehen wird dürfte auf dem Gebiet der Flugsicherheit ein Riesenschrit vorwärts getan sein. Guggenheim wies mit Recht darau hin, daß der Fluggedanke keinen Schaden nimmt, wen offen Hebung der Flugsicherheit gefordert wird. Erinner wir uns der Preisausschreiben für Besserung des Signal wesens der Eisenbahn. Wer käme dabei zu dem Schluß Die heutigen Fahrsignale sind einfach unsicher, also fahr ich nicht mit! Es handelt sich doch darum, von einen bereits erreichten hohen Entwicklungsstand zu einem Ideal zustand zu gelangen.

Flugsicherungsfragen wollen wir im folgenden nur so weit als notwendig streifen, unser Augenmerk gilt ledig lich dem technisch sicheren Fliegen. Flugmeteorologie Flugfunk im Wechselverkehr zwischen Luftfahrzeugen ode zwischen Luftfahrzeug und Erdstation, Peilung, Flugpolizei Lichtsignaldienst und Bodenbeleuchtung auf Flugplätzen un als Wegweisung auf dem Flugweg, gewisse Geräte an Bord wie Benzinuhren, Drehzahlmesser, Kompaß, dieses alle fällt in das Gebiet der Flugsicherung. Flugsicherheit um faßt alle Fragen der Baustoffe und Bauarten der Form gebung, der Flächenbelastung, der Steuerung, des moto rischen Antriebes, der Start-, Lande- und Fluggeschwindig keit und eine andre Gruppe von Bordgeräten wie Neigungs-, Wärme-, Druck-, Geschwindigkeitsmesser usw.

Das letzte Wort in der Wahl der Baustoffe für Zell und Motor ist noch längst nicht gefallen. Eine feste Unter lage an Erfahrungen ist geschaffen, jedoch sind wir vo einer Vereinheitlichung noch weit entfernt. Die Konstruk teure haben ihre guten und schlechten Erfahrungen mi Ganz-Leichtmetall, Holzgerippe und -beplankung, Holz un

[1]) „Engineers and Engineering" Bd. 44 1927) S. 307.

toffbespannung, Holz und Stahlrohr, Leichtmetall und toffbespannung gemacht. Ohne Rücksicht auf Kosten und irtschaftliche Nutzbarmachung könnte rein technisch eine orbildliche Lösung wohl gefunden werden. Wetterbeständigkeit, leichte Auswechselbarkeit und Ausbesserung von inzelteilen, Unempfindlichkeit gegen Schwingungen und nge Lebensdauer müssen hauptsächlich gewährleistet sein. n Leichtmetall-Flugzeugbau ist Deutschland am weitesten orgeschritten. Ob der verspannungslose Hoch- oder Tiefecker, das dicke oder dünne Flügelprofil, der Doppel- und lehrdecker die Zukunft für sich haben, wer kann es heute ntscheiden! Beweise ihrer Flugsicherheit haben alle Bauten bereits geliefert. Es wird darauf ankommen, welche nforderungen hinsichtlich Geschwindigkeit und Wirthaftlichkeit noch zu erfüllen sind. Vollkommene Flugcherheit und die Notwendigkeit, den erdgebundenen Verehrsmitteln immer an Schnelligkeit bedeutend überlegen ı bleiben, dürften grundlegende Änderungen in der Formebung bedingen. Veränderlichkeit der Flächen, Spaltügelanlagen, Düsenflügel, vereinigte Hub- und Zugschrauer, Tragschrauber und umlaufende Flügel, für Wasser und and brauchbare Amphibienflugzeuge, sowohl in V- wie feilform und Anstellwinkel veränderliche Flächen, ja selbst ırch vogelähnlichen Flügelschlag durch die Luft bewegare Flugzeuge sind Aufgaben, die noch ihrer Lösung arren oder mit denen man sich bereits etwas zu beschäfgen begonnen hat.

Die heute noch restlos von Menschenkraft, Gefühl und istiger Konzentration abhängige Steuerbarkeit des Luftıhrzeuges muß im Laufe der Zeit mechanisch durchgeführt erden. Das ist auch der tiefere Sinn der Guggenheimusschreibung. Selbstüberwachung in jeder Lage soll das ıftfahrzeug ausüben können. Handhaben auch — wozu an im Luftverkehr allgemein übergeht — mehrere Führer e Steuerung, so soll ein Flugzeug doch so viel Eigenabilität haben, daß es z. B. selbsttätig geradeaus fliegt, s einer ungewöhnlichen Flugbewegung wie starkem Überhen, Trudeln, seitlichem Abrutschen von selbst zum noralen Gleitflug übergeht, möglicherweise fahrstuhlähnlich ne harten Aufschlag am Boden landet. Auch starke Fahrtschleunigung oder -verminderung soll in der Zukunft cht zum Bruch der Flächen oder zum steuerlosen Sturz ihren, irgendeine Sicherheitsvorrichtung muß von selbst i Tätigkeit treten. Fallschirmausrüstung aller Fluggäste, sklinkbare Kabinen kommen kaum in Frage, weil der ıhtige Zeitpunkt zum Absprung meistens verpaßt werden rfte.

Die Motorenfrage des Flugzeuges ist von großer Betung. Der schnellaufende Benzinmotor, ob wasser- oder tgekühlt, wird vielleicht einmal durch den zuverlässigern, ngsamlaufenden Schwerölmotor abgelöst werden. Das Geicht des heute mitzuführenden Treibstoffes bedeutet eine tige Beeinträchtigung der zahlenden Last. Diese findet er in räumlicher Beschränkung eine gewisse Grenze. Die zeanflüge zeigen deutlich, daß das Flugzeug zunächst ıhts anderes als einen fliegenden Tank bei solchen Entfnungen darstellt.

Bei vielmotorigen Großflugbooten oder Amphibienflugrsen, die auf der Erde statt auf Wasser starten, um günsgeres Fluggewicht vom Boden abzuheben, besteht die Hoffnag, nach dem Start die Leistung der Motoren um ungefür ein Drittel zu vermindern, d. h. eine Anzahl von Motor. ganz abzustellen und die in Betrieb befindlichen stark zu drosseln. Während des Fluges müssen Ausbesserungen a Zelle, Steuerorganen und Motoren vorgenommen werden knnen. Beim heutigen Stande der Flugtechnik lassen sich sost ganz geringfügige schnell zu beseitigende Störungen ir Fluge nicht beheben. Das Luftschiff hat in dieser Hinsiıt heute schon manches voraus. Ganz sicher wird die Zkunft dieser Notwendigkeit auch beim Flugzeug gerecht wden. Um Bremswirkung zu erreichen, wird auch der usteuerbare, also für Rechts- und Linkslauf eingerichtete Mor gebaut werden. Das Luftschiff verfügt bereits über usteuerbare Luftschrauben.

In scharfem Wettbewerb befinden sich heute wasserur luftgekühlter Motor. Ohne Zweifel hat letzterer viele Vteile für sich, wie Gewichtsersparnis und Unabhängigke von der Temperatur. Auf dem Kongreß war dieses Tma Gegenstand ausführlicher Erörterungen. Man war si jedoch nicht im Zweifel darüber, daß der ganz starke Mor wohl nur wassergekühlt sein könne.

Ganz bestimmte Regeln für die Fluggeschwindigkeit men zur Sprache. Die Landegeschwindigkeit des Flugzeges ist heute noch viel zu groß, desgleichen der Auslauf na der Landung. Der Gleitwinkel ist zu flach und macht deıalb die Annäherung an eine bestimmte Landestelle schvierig. Der Anlauf beim Abflug ist zu lang. Der Stgwinkel nach dem Abheben beim Abflug ist nicht groß genug. Die Steuer gehorchen bei zu geringer Geschwindigkeit in der Luft nicht mehr. Alle diese Punkte bezeichnete man mit Recht als sicherheitsbeeinträchtigend. Würde das Guggenheim-Ausschreiben wenigstens die Konstruktion eines Flugzeuges zur Folge haben, das jenen Forderungen einigermaßen entspricht, so wäre ein Riesenschritt vorwärts getan.

Das Fliegen bei sichtigem Wetter, auch Nachts, hat bereits einen hohen Sicherheitsgrad erreicht. Auch der Einfluß von Böen, die sich am unangenehmsten im Gewitter, bei Föhn und Tornado zeigen, auf das Flugzeug ist außer den starken Schwankungen gering. Ernstlich gefährdet ist dadurch heute die Flugsicherheit nicht mehr. Auch Blitzgefahr besteht für das fliegende Flugzeug kaum. Der Nebel ist immer noch der größte Feind des Flugzeuges. Ihn sicher zu überwinden, erfordert alle nur möglichen Anstrengungen. Dem Führer stehen heute schon an Bord Hilfsgeräte (Neigungsmesser) für sein Gleichgewichtsgefühl zur Verfügung, die sich bei Abflug in den Nebel hinein und bei Durchfliegen dicker Nebel- und Wolkenschichten ausgezeichnet bewähren. Auch beim Abwärtsgleiten verrichten sie ausgezeichnet ihren Dienst bis zu dem Augenblick, da sich das Flugzeug in Bodennähe befindet und landen soll. Die vollkommene Unsichtigkeit und das Fehlen jeglichen Anhaltspunktes für das menschliche Auge nimmt dem Luftkapitän jede Möglichkeit, Hindernisse so rechtzeitig zu bemerken, daß er ihnen noch ausweichen könnte. Hier ist also die Flugsicherheit noch ernstlich gefährdet. In den Berichten der Ozeanflieger treten gerade diese Schwierigkeiten augenfällig zutage. Byrds Herumirren über Paris, Köhls verzweifelte Lage im berüchtigten Nebel- und Schneetreiben Labradors sind treffende Beweise dafür. Die Zukunft wird uns vielleicht außer der bereits üblichen Peilung sicheres Navigieren mit Hilfe des Funkfilmes bringen. Auch das Behmsche Echolot, das Schallmessungen zwischen Flugzeug und Erdoberfläche gestattet, dürfte der Erhöhung der Flugsicherheit im Nebel besonders zu dienen berufen sein. Wertvolle Sicherheitsüberwachung gewährleisten Geschwindigkeits-, Druck- und Wärmemesser. Der Führer hat bei unsichtigem Wetter die Gewißheit, technisch einwandfrei zu fliegen, solange sein Geschwindigkeitsanzeiger ihm eine ziemlich gleichbleibende Schnelligkeit anzeigt. Hat er gute Sicht, so braucht er weder Neigungsnoch Geschwindigkeitsanzeiger, sein Gefühl und sein Auge gestatten ihm jede Überwachung seiner Lage in der Luft ohne Hilfsgerät. Ob der oder die Motoren einwandfrei laufen, sagt einem guten Führer besser sein eigenes Ohr als der Blick auf den Umlaufzähler. Was er am Hilfsgerät feststellen muß, sind der notwendige Druck der Schmierung und der Wärmegrad des Motors. Arbeitet die Ölzufuhr nicht mehr oder siedet das Kühlwasser, dann wird es bald Zeit zur Landung, es sei denn, daß der betreffende Motor bei dem Großverkehrsflugzeug der Zukunft stillgesetzt und die Störung während des Fluges behoben werden kann.

Bewundernswert ist, daß der Luftverkehr nach noch nicht zehnjährigem Bestehen bereits einen hohen Grad der Flugsicherheit erreicht hat. Wahrlich gering ist die Zahl der Unfälle. Mit vereinten Kräften wird an der weiteren Vervollkommnung von Flugsicherung und Flugsicherheit gearbeitet. Ein Kongreß über Eisenbahnfragen nach zehnjährigem Bestehen des Schienenweges hätte nicht schon einen so hohen technischen und praktischen Standpunkt einnehmen können wie die Tagung in Philadelphia. Deutscher Geist und deutsches Können stehen den Fortschritten des Auslandes gegenüber keineswegs nach. Germany leads in the air, verkünden in Amerika die Zeitungen. Was es noch zu lösen gibt, daran wird bestimmt auch der deutsche Ingenieur im reichsten Maße teilhaben. Die Internationale Luftfahrt-Ausstellung im kommenden Oktober in Berlin wird dem Ingenieur vor Augen führen, welcher Stand der Flugtechnik, und insbesondre der deutschen, bereits erreicht ist. [N 1555]

Berlin — Angermund

Eisenhüttenwesen

Walzwerkanlage der Carnegie Steel Co. in Homestead. Pa.

Die neue Walzwerkanlage der Carnegie Steel Co. in Homestead besteht aus einem Blockwalzwerk mit Walzen von 1370 mm Dmr. und drei Walzgerüsten mit Walzen von 1320 mm Dmr., die hintereinander aufgestellt sind, Abb. 7. Die Leistung des Walzwerks soll 26 000 t monatlich betragen, aber tatsächlich hat man an einem Tag 2533 t erzeugt[1]). 42 verschiedene Doppel-T-Träger in elf Höhen von 200 bis 760 mm Höhe werden gewalzt, deren Flanschen parallele Flächen haben. Die Breite der Flanschen schwankt zwischen 150 und 480 mm.

[1] The Iron Age. Bd. 121 (1928) S. 1380/5.

Abb. 7
Anordnung der Walzwerkanlage.
a Blockwalzwerk *b* Schere *c, d* Vorgerüste *e*, Zwischengerüste *g* Fertiggerüst *h* zur Säge

Das Blockwalzwerk wird von einem 8000 PS-Umkehrmotor mit einer Höchstbelastung von 14 400 PS angetrieben. Das Vorwalzwerk und das Zwischenwalzwerk werden je von einem 7000 PS-Motor für die Hauptwalzen und einem 2000 PS-Motor für die Kantenwalzen angetrieben. Die Gerüste für diese beiden Walzen stehen in einer Entfernung von 3,66 m voneinander. Das Fertigwalzgerüst wird von einem nicht umkehrbaren 5000 PS-Induktionsmotor angetrieben. Dieses Gerüst hat nur ein Fertigkaliber.

Die Entfernung von Mitte zu Mitte Walzen vom Blockwalzwerk bis zum ersten Vorgerüst beträgt 91,2 m, von dem Vorgerüst bis zur Hauptwalze des Zwischengerüstes 58 m und von hier bis zum Fertiggerüst 64 m. Hinter dem Fertiggerüst befindet sich ein Rollgang bis zur Warmsäge von 63,4 m Länge, so daß die Gesamtentfernung vom Blockwalzwerk bis zur Warmsäge 276,6 m beträgt.

Wenn der Stab das Vorgerüst erreicht, trifft er zuerst auf die Kantenwalzen. Diese Walzen laufen, ebenso wie die Hauptwalzen, um wagerechte Achsen. Sie bearbeiten nur die Kanten der Flanschen bei *a*, Abb. 8, und sind gleichzeitig die Führungswalzen für den Stab in das Hauptgerüst. Die dahinterliegenden Hauptwalzen pressen nur den Steg bei *c*, Abb. 9, und die inneren Flanschflächen bei *b*. Aber zu derselben Zeit wird von senkrechten Walzen die ganze Außenfläche der Flanschen bearbeitet, bei *d*, Abb. 9. In der Aufsicht liegen diese Walzen mit senkrechter Achse in Linie mit den Hauptwalzen, werden aber nicht angetrieben.

Bei den Zwischenwalzgerüsten ist dieser Vorgang umgekehrt. Der Stab hat schon das richtige Profil, so daß die Walzen ihn leicht fassen. Auch hier werden die Flanschkanten wieder von wagerechten Walzen bearbeitet, die hinter dem Hauptgerüst liegen, nachdem die Hauptwalzen und die beiden wagerechten Walzen die übrigen Flächen des Trägers auf Profil gebracht haben. Bisher sind die Flanschen etwas nach außen gebogen, im Fertiggerüst werden sie gerichtet und alle Flächen geglättet, Abb. 10.

Man verwendet möglichst kurze Walzen. Das äußere Walzgerüst kann man daher verschieben, so daß beim Walzen eines 300 mm-Trägers die Walzgerüste um 300 mm näher zusammenstehen, als beim Walzen eines 600 mm-Trägers. Dadurch wird eine größere Steifheit der Einrichtung erreicht, das Erzeugnis fällt gleichmäßiger aus.

Das ganze Walzwerk wird von vier Mann bedient. Eine der bemerkenswertesten Einrichtungen ist die selbsttätige Einstellung der Lage der Walzen zueinander für die nacheinanderfolgenden Stiche. Unter der Bühne des Vorwalzgerüste sind drei große spiralige Grenzschalter eingebaut, die mit den verschiedenen Steuergruppen verbunden sind. Sie werden für jeden Querschnitt, der gewalzt werden soll, im voraus eingestellt und synchronisieren selbsttätig die Bewegung der drei Walzenpaare im Walzgerüst, so daß der richtige Kaliberdruck für alle Stiche erzeugt wird. Eine ähnliche Einrichtung dient für das Zwischengerüst.

Alle Walzenzapfen und ebenfalls die Rollgangzapfen haben Druckschmierung. Hinter dem Walzwerk liegt ein Warmbett von 30 × 60 m. [M 1713] H. Illies

Abb. 8
Kanten-Walzgerüst.

Abb. 9
Hauptwalzenständer.

Abb. 10
Fertiggerüst.

Kleine Mitteilungen

Vier Jahre Hochdruckkesselbau

Einen Überblick über die Fortschritte im Hochdruckkesselbau der letzten vier Jahre gibt das Edgar-Kraftwerk der Edison Electric Illuminating Co., Boston.

Der erste 1925 in Betrieb genommene 84,5 at-Kessel hat 1460 m² wasserberührte Heizfläche und erzeugt im Regelbetrieb 59 000 kg/h Dampf. Die Wasserrohre haben 51 mm Außendurchmesser, der Zwischenüberhitzer sitzt zwischen Teilen des Kessels, ein Luftvorwärmer ist nicht vorhanden.

Im Jahre 1927 wurden zwei 98,5 at-Kessel für je 113 000 kg/h aufgestellt, deren Heizfläche trotz der höheren Verdampfleistung kleiner als bei dem ersten Kessel ist. Ein erheblich größerer Rost und Feuerraumwände mit Wasserkühlung sind die Mittel zum Erzielen der höheren Leistung. Das Gewölbe über dem vorderen Ende des Rostes wurde fortgelassen, damit die Heizgase leichter an die Wasserrohre gelangen. Da sich Schlacken an den unteren Rohren des ersten Kessels angesetzt hatten, versah man die neuen Kessel mit 82,5 mm-Wasserrohren in größeren Abständen. Diese Kessel wurden auch mit Luftvorwärmern ausgerüstet.

Im Jahre 1928 wurden schließlich zwei weitere Kessel aufgestellt, die im Aufbau vereinfacht sind. Bei der gleichen Verdampfleistung wie die Kessel von 1927 konnte man die Heizfläche von je 1400 m² auf 650 m² verkleinern, indem man oben die 51 mm-Rohrbündel wegließ und dafür die Ekonomiser vergrößerte. Der Zwischenüberhitzer wurde über den Kessel in gleicher Höhe mit dem Ekonomiser und dem Luftvorwärmer verlegt. Das ermöglichte, die Kesseltrommel tiefer zu setzen, die außerdem von 1220 mm auf 1320 mm Dmr. vergrößert wurde. („Power" 14. August 1928 S. 273*) [N 1998 a] Le.

Benzin-elektrischer Kraftomnibus

Die neuste Bauart von Omnibussen mit elektrischer Kraftübertragung stammt von der White Co., Cleveland. Das Fahrzeug hat einen Sechszylindermotor von rd. 111 × 146 mm mit hängenden Ventilen, siebenfach gelagerter Kurbelwelle, Leichtmetallkolben, Doppelzündung und Gemischtemperaturregler; die Leistung beträgt bei 1800 U/min 88 PS, kann aber durch Erhöhen der Drehzahl auf 2200 U/min bis auf 105 PS gesteigert werden. Bei der Nenndrehzahl liefert der angebaute Gleichstromerzeuger, der in der bekannten Weise mittels eines durch seine hohle Welle hindurchgeführten Wellenstücks an die Kurbelwelle angeschlossen ist, 200 A bei 295 V. Die beiden Elektromotoren, die mittels langer, hohler Schneckenwelle von unten her die Hinterachse antreiben, sind für 2600 U/min bei 100 A und 295 V gewickelt und ergeben bei der für den Stadtverkehr bestimmten Übersetzung 56 km/h Geschwindigkeit des Fahrzeuges. Das ganze Fahrgestell, dessen elektrische Ausrüstung von der General Electric Co. stammt, wiegt trocken rd. 5,25 t. Der Wagen soll sich aus dem Stillstand in 12 s auf 32 km/h beschleunigen lassen. Er ist mit Westinghouse-Vierradbremse und mit zwei auf die Schneckenwellen, also mit Übersetzung wirkenden Handbremsen ausgerüstet, abgesehen davon, daß er auch elektrisch gebremst werden kann. Beim Zusammenbau des Fahrgestells ist besonderer Wert auf die Unabhängigkeit der elektrischen Einrichtungen vom Wagenaufbau gelegt, damit dieser leicht ausgetauscht werden kann („Bus Transportation" August 1928 S. 455*)
[N 1998 b] H.

Hebung einer Eisenbahnbrücke über den Rhein an der schweizerisch-österreichischen Grenze

Die Brücke, die die Orte Schaan und Buchs verbindet umfaßt zwei Stromöffnungen von je 69 m sowie auf jeder Seite eine Nebenöffnung von 32 m Länge. Sie ist als Fachwerkbrücke ausgeführt, wobei beide Stromöffnungen durch einen kontinuierlichen Träger überspannt werden.

Für die Hebung um 170 cm wurden fünf mittels Druckwasser betätigte Pressen für 200 t, eine weitere für 150 und zwanzig für 100 t Tragfähigkeit benutzt. Die ausnutzbare Hubhöhe jeder Presse betrug 13 cm, die Brücke konnte dementsprechend in rd. 15 min um 11 bis 12 cm gehoben werden. Die Hauptbrücke wurde in vier Schichten, die i

ständen von mehreren Tagen aufeinander folgten, um 51, 33 und 25 cm gehoben. Die dazwischen liegenden beitstage waren ausgefüllt mit dem Aufbau des Pfeiler-uerwerkes und dem Nachheben der anschließenden eckenteile.

Mit den Arbeiten an den beiden Zufahrtrampen, die ch verbreitert wurden, mußte man schon zu einem frü-ren Zeitpunkt beginnen. Das Schüttmaterial, das man einer vom Hochwasser 1927 zurückgelassenen Kiesbank Rheinbett gewonnen hatte, wurde mittels zweier elek-sch betriebener Schrägaufzüge in Rollwagen von je 5 m³ Inhalt zu beiden Seiten auf die Rheindammkrone bracht. Die Hebung der Hauptbrücke dauerte insgesamt Tage. (Schweizer. Bauzeitung 25. August 1928) [N 1998 c] Sd.

eues vom amerikanischen Lokomotivbau

Seit 1919 macht man Versuche mit Aschkasten s Gußstahl; bis heute sind etwa 5650 Lokomotiven mit ausgerüstet. Diese Aschkasten sind um rd. 100 vH hwerer und um rd. 50 vH teurer als die üblichen Asch-sten aus Flußeisenplatten. Man setzte voraus, daß dafür e Erhaltung entsprechend billiger und ihre Lebensdauer ndestens sechsmal so groß sein werde. An den der heren Temperatur ausgesetzten Stellen traten aber Ver-rfungen auf, die durch Verstärkungsplatten behoben rden. Auch in 364 Lokomotiven mit Ölfeuerung hat man che Aschkasten eingebaut. Zu einem abschließenden teil bedarf es noch längerer Betriebserfahrungen.

Die New York-, New Haven- und Hartford-Eisenbahn in mehreren Lokomotiven gußstählerne Rauch-mmern eingebaut. Sie sind zylindrisch in Fort-zung des Kessels bis zum Schornstein und gehen dann Halbkugeln über. Diese Form ist sehr zweckmäßig, weil nken leicht abprallen und infolgedessen die Wand weni-angreifen. Alle Durchführungen, Flanschen usw. sind gegossen. Die Neuerung ist erst etwa ein Jahr im brauch.

Um die Zugwirkung zu erhöhen, hat die Texas-Pacific-Eisenbahn eine 1 D 1-Lokomotive mit geschlosse-n Aschkasten versehen. Ein von einer Turbine an-triebener Bläser drückt die Verbrennungsluft mit gerin-n Überdruck in den Feuerraum. Die Zugwirkung wird erdem dadurch erhöht, daß in der Rauchkammer auf Blasrohr ein Rohr mit innerer schraubenförmiger Ab-eplatte aufgesetzt ist. Hierdurch wird der Abdampf in rke Wirbelung versetzt und seine Ausströmgeschwindig-t erhöht. Nach den bisherigen Ergebnissen verspricht Einrichtung guten Erfolg.

Die Neuerungen zur Verbesserung der Wärmewirtschaft im Lokomotivbetrieb sind zahlreich; sie beziehen sich in der Hauptsache auf die Steuerung und die Dampfverteilung; mittelbare Maßnahmen sind die Errichtung von ortfesten Kesselanlagen in den Maschinenhäusern, die das unwirtschaftliche Anheizen der Lokomotiven vermeiden sollen. („The Engineer" 24. August 1928 S. 197) [N 1998 d] Ro.

Heizwertmesser für Gase

Die Cambridge Instrument Co. hat den selbstschreibenden Heizwertmesser nach Thomas auf Grund von Versuchen der Fuel Research Station verbessert. In dem Gerät wird in einer bestimmten Zeit eine gemessene Gasmenge, etwa 0,004 m³/h, verbrannt. Die entstehende Wärme nimmt ein Luftstrom auf, dessen Temperaturzunahme ein Maß für den Heizwert ist. Die Temperaturschwankungen werden von zwei elektrischen Widerstandsthermometern am Ein- und Austritt der Luft gemessen und der Unterschied aufgezeichnet. Versuche ergaben, daß die Angaben des Heizwertmessers bei Gasen mit Heizwerten zwischen 4450 und 5340 kcal/m³ und üblicher Gasgeschwindigkeit um höchstens ± 1 kcal/m³ von den nach bekannten Arten gemessenen Werten abweichen. Etwa 20 min nach Anzünden des Brenners ist der Gleichgewichtzustand erreicht. Schwankungen im Heizwert des durchströmenden Gases werden nach rd. 4 min aufgezeichnet und bei Schwankungen bis zu 140 kcal/m³ wird der volle Heizwert nach 14 bis 20 min angezeigt. („Engineering" 24. August 1828 S. 230) [N 1998 e] Schr.

Wärmebilanz des Zementbrennofens

Der größte Posten in der Kostenrechnung eines Portlandzementwerkes ist der Brennstoffverbrauch für den Drehrohrofen, der beim Brennen einer Mischung mit 38 vH Feuchtigkeit 22 bis 30 vH der Gesamtkosten beträgt. Für das Zersetzen des Kalks braucht man rd. 430 kcal/kg und für die von Magnesiumkarbonat rd. 340 kcal/kg. Auf 0 °C zurückgeführt, entfallen von der dem Ofen zugeführten Wärme 92 vH auf den Brennstoff, 4,75 vH auf die durch chemische Reaktion freiwerdende Wärme und auf die Wärme der Verbrennungsluft 1,25 vH, der Mischung ebenfalls 1,25 vH und der Kohle 0,25 vH. Von dieser Wärmemenge braucht man 40 vH zum Verdampfen des Wassers in der Mischung und zum Erhitzen des Gemisches und 24,5 vH zum Zerlegen der Karbonate. 20 vH der Wärme enthalten die den Ofen verlassenden Gase und 3 vH die Klinker. Die Ausstrahlverluste betragen 9 vH; 3,5 vH der zugeführten Wärme lassen sich nicht nachweisen. („Engineering" 24. August 1928 S. 219) [N 1998 f] Schr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

llstrierte technische Wörterbücher in sechs Sprachen. eutsch, englisch, russisch, französisch, italienisch, spa-sch. Herausgeg. von Alfred Schlomann. 2. Bd.: **lektrotechnik und Elektrochemie.** Verbesserte Auflage. erlin Frühjahr 1928. Technische Wörterbücher-Verlag . m. b. H. XXIV + 1304 S. mit 3965 Abb. Preis 80 *RM*, r Mitglieder des V. d. I. 72 *RM*.

Dies Buch ist eine Glanzleistung des Opfer- und Ge-meinsinns, des Fleißes und der Sorgfalt. Um eine Vor-stellung von seiner Reichhaltigkeit zu geben, möchte ich ir Übersicht über seine Einteilung voranstellen. Die rsten 24 Seiten behandeln die Entstehung des Buches; die Mitarbeit zahlreicher Behörden, Vereine, Firmen und Ein-zelpersonen wird erwähnt, Dank nach allen Seiten ge-spendet. Hier findet man vieles über die Art der Arbeit, über die Benutzung des Buches u. dergl. Danach kommt das eigentliche sechssprachige Wörterbuch auf 800 Seiten. Die Auszählung einiger Seiten zeigt, daß rd. 21 000 Aus-drücke (Einzelwörter und Wörterverbindungen) aufge-nommen sind, jeder Ausdruck in den sechs obengenannten Sprachen; z. B. handeln von den Bogenlampen nebst Zu-behör 301 Wörter und Wortverbindungen nebst 68 Abbil-dungen, von den Glühlampen und Glühfaden 426 Ausdrücke mit 82 Abbildungen. Dann folgen die alphabetischen Ver-zeichnisse der Wörter, nach Sprachen getrennt; die Aus-zählung ergibt hier je etwa 30 000 Wörter, woraus zu er-sehen, daß durchschnittlich je zwei Wortverbindungen des Wörterbuches drei Wörter zum alphabetischen Verzeichnis geliefert haben. Es mag interessieren, daneben zu stellen, wieviel in der vorangehenden Auflage geboten wurde, die [illegible] erschienen ist; die Auszählung ergibt rund 13 600 Wörter und Wortverbindungen; demnach enthält die neue Auflage etwa die Hälfte Wörter und Wortverbindungen mehr als die alte. Die aus der 1. Auflage übernommenen Wörter sind sämtlich sorgfältig nachgeprüft worden, so daß es sich um eine durchweg gleichartige Arbeit handelt. Die im allgemeinen Gebrauch stehenden Fremdwörter sind beibehalten, aber öfter sind gute deutsche Ausdrücke daneben gesetzt worden. Z. B. Lichtaufsaugung (Lichtabsorption); Reihen- (Serien-)schaltung; Zusammenlaufen (Konvergenz) der Kraftlinien.

Es möge noch eine Übersicht über den Inhalt durch Anführung der Überschriften der Hauptstücke gegeben werden: Grundlagen der Elektrotechnik — Elektrische Meßtechnik — Werkstoffe und Bauteile — Elektrooptische Anwendungen — Medizinische Anwendungen — Elektrochemie — Primärelemente und Sammler — Elektrische Maschinen — Schaltanlagen — Leitungsnetze — Elektrizitätswirtschaft — Elektrothermische Anwendungen — Elektrostatische und elektromagnetische Anwendungen.

Der Stoff ist im Wörterbuch sachlich (nach den eben angegebenen Haupt- und entsprechenden Unterteilungen) geordnet; als Schlüssel dazu dienen die sechs alphabetischen Wortverzeichnisse. Wer z. B. aus dem Deutschen ins Spanische übersetzen will, schlägt das zu übersetzende Wort im deutschen Wörterverzeichnis nach, findet Seite und Nummer des Wörterbuchs und an dieser Stelle das gesuchte spanische Wort; in vielen Fällen sieht er daneben noch eine kleine Skizze des gesuchten Gegenstandes, die ihm die Gewißheit geben kann, daß er das gesuchte Wort auch richtig gefunden hat.

Die international gebräuchlichen Formeln und Einheitszeichen sind an den dafür geeigneten Stellen eingestreut. Leider ist dabei der gewöhnlich gemachte Unterschied: Ein-

heitszeichen Antiqua, Formelzeichen Kursiv — nicht beachtet worden.

Der Herausgeber erwähnt die Schwierigkeiten, die dadurch entstehen, daß die Bedeutung der technischen Fachausdrücke fortwährend wechselt. Diesem Wechsel kann natürlich ein Buch nicht folgen. Es steht aber zu hoffen, daß man diesem oft launenhaften Wechsel entgegenarbeiten kann eben durch ein solches Wörterbuch, das den Wechsel wenigstens da erschwert, wo er keine sachliche Berechtigung hat. Vielleicht wird das demnächst erscheinende Handwörterbuch der Elektrotechnik des gleichen Verfassers noch mehr in dieser Festlegung der technischen Sprache leisten.

Ich möchte noch den wohlberechtigten Schlußsatz aus dem Vorwort des Herausgebers hierhersetzen — dem ich von ganzem Herzen zustimme — den Wunsch, daß das Buch „Deutschland und der deutschen Elektrotechnik vom besten Nutzen, der Elektrotechnik des Auslandes ein Maßstab und ein Zeichen dafür sein möge, daß die deutsche Technik und Wissenschaft stets bereit ist, internationale Gemeinschaftsarbeit, die dem friedlichen Zusammenleben der Völker sowie ihrer Wirtschaft und ihrem Fortschritt dient, zu leisten".

[E 1857] Karl Strecker

Einführung in die Kinematik. Von R. Beyer. Leipzig 1928, Max Jänecke. 150 S. m. 133 Abb. Preis 8,70 *RM*.

Es ist mehrfach ausgesprochen worden, daß die wissenschaftliche Behandlung der Getriebelehre einer Neubelebung bedarf. An verschiedenen Stellen ist schon wertvolle Arbeit im Gange. Das vorliegende Buch stellt eine gute Einführung dar. Der Verfasser behandelt die Theorie kinematischer Aufgaben unter Benutzung der Elementarmathematik und zeichnerischer Verfahren recht geschickt. Für den Gebrauch an den höheren technischen Fachschulen sind die Beispiele praktischer Anwendung der Theorie geeignet. Die Benutzung wird durch einen guten Nachweis des Schrifttums wirkungsvoll unterstützt.

[E 1840] Adr.

Die Anstrichstoffe. Ein Auskunftsbuch über ihre Rohstoffe, Herstellung, Eigenheiten, Verwendung, Bezugsquellen usw. Von Gustav Plessow. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 228 S. m. 5 Farbtafeln. Preis 15 *RM*.

Das Buch will dem Mangel an einem handlichen Nachschlagewerk für das Lack- und Farbenfach abhelfen. Es bringt in knapper, übersichtlicher Darstellung, alphabetisch geordnet, sämtliche Anstrichstoffe — Lacke und Farben —. Wie der Untertitel des Buches schon andeutet, wird erschöpfende Auskunft über alle bei der Herstellung wie auch der Verarbeitung von Anstrichstoffen auftauchenden Fragen gegeben. Auch der Handel wird gern nach dem Buch greifen, um sich über Bezugsquellen und zweckmäßigste Lagerung und Verpackung zu unterrichten. Besonders zu vermerken ist, daß der Verfasser die Ostwaldsche Farbtonbezeichnung für die gängigsten Farben bringt. Dies Vorgehen ist um so mehr zu begrüßen, als diese Bezeichnung bisher in der Farbenliteratur durchweg fehlte. Mit dem Buch wird dem Laboratorium, der Fabrik, dem Handel und dem Gewerbe ein äußerst brauchbares Nachschlagewerk in die Hand gegeben, da der Verfasser, um diesem großen Kreis von Interessenten gerecht zu werden, sowohl die Wissenschaft als auch die Praxis in guter Abstimmung zueinander zu Worte kommen läßt.

[E 1842] Dipl.-Ing. H. Faber

Handbuch der gesamten Textilindustrie, 3. Bd.: **Die Bandweberei** (Bandwirkerei). Von Otto Both. 1. T.: D Bindungen, Patronen und Musterungen. 5. Aufl. Leipz 1928, Max Jänecke. 197 S. m. 346 Abb. Preis 6,50 *R*

Die Bandweberei, häufig noch immer fälschlich a Bandwirkerei bezeichnet, bringt in jedem Jahre unendli viele neue Bandmuster hervor, in denen die Bindungseffek so reichhaltig und dauernd wechselnd zusammengestellt si wie in keinem anderen Zweige der Textilindustrie.

Dazu verwendet sie neben allen möglichen Gespinst auch Halbfabrikate, wie Gimpen, Schnüre, Litzen, schma Bändchen, Chenille, Perlen usw., die sie der jeweiligen Mo in immer neuen Nebeneinanderstellungen anpaßt. Die Vi seitigkeit des Materials und der Techniken stellt an d Kenntnisse und Fähigkeiten der Fabrikanten, Betriebsleit Musterzeichner, Meister und Gehilfen große Anforderung und macht eine dauernde Fortbildung notwendig. Dies Schaffenden bietet das bereits in fünfter Auflage ersch nende und um 25 Seiten vermehrte Werk eine Fülle von A regungen in klargegliedertem Text mit zahlreichen Pat nen, die von den einfachen Grundbindungen ausgehend l zu den schwierigsten Bindungen hinleiten. Die 10 Tafe mit Abbildungen ausgeführter Arbeiten sind diesmal zwec mäßigerweise am Schlusse des Buches zusammengefaßt u tragen wesentlich zum Verständnis auch für die wenig Geübten bei. [E 1844] E. Fl.

Wirtschaftsstatistik Rumäniens. 2. Ausg. 1928. Herausge von Fred Sigerus. Berlin 1928, Arth. Collignon. 119 Preis 5 *RM*.

Darstellende Geometrie des Maschinentechnikers. Von Alfr Kirschke. 1.—3. T. 3. Aufl. München und Berlin 19 und 1928, R. Oldenbourg. 1. T.: 66 S. m. 147 Abb. Pr 3 *RM*. 2. T.: 122 S. m. 208 Abb. Preis 5 *RM*. 3. T 134 S. m. 156 Abb. Preis 5,50 *RM*.

Lehr- und Lernmittel für Berufs- und Fachschulen. Reihe **Henselins Baustoffkunde.** Bearb. von C. E. Böhm, Ot Gaßner, Wilh. Klinck, Fr. Schindler. H. 4 **Baumetalle.** Wittenberg (Bez. Halle) 1928, Zentralverl für Berufs- und Fachschulen. 56 S. Preis 1,60 *RM*.

Gutachten über die Elektrifizierung der Strecke Wien—Sa burg. Erst. an den Herrn Bundesminister für Handel u Verkehr von dem hierzu bestellten Sachverständigenkol gium. Wien 1928, Julius Springer. 163 S. Preis 2,80 *R*

Technisches Hilfsbuch. Herausgeg. von Schuchardt & Schüt 7. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 526 S. m. 500 Ab Preis 8 *RM*.

Guttentagsche Sammlung Deutscher Reichsgesetze. 22. B **Patentgesetz.** Von R. Lutter. 9. Aufl. Berlin und Lei zig 1928, Walter de Gruyter & Co. 467 S. Preis 10 *R*

Die Selbstverwirklichung des Geistes. Von Richard Kr ner. Tübingen 1928, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck). 225 Preis 14,50 *RM*.

Teubners mathematische Leitfäden. 5. Bd.: **Differential- u Integralrechnung.** Von Ludwig Bieberbach. 2. B Integralrechnung. 3. Aufl. Leipzig-Berlin 1928, B. Teubner. 149 S. m. 25 Abb. Preis 5,80 *RM*.

Vorlesungen über theoretische Physik an der Universit Leiden. Herausgeg. von H. A. Lorentz. 2. Bd., **Kinetisc Probleme.** Bearb. von E. D. Bruins und J. Reudle 136 S. m. 23 Abb. 3. Bd.: **Äthertheorien und Äthermodel** Bearb. von H. Bremerkamp. 78 S. m. 19 Abb. I Deutsche übersetzt von G. L. de Haas-Lorent Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft. Bei Bände in einem Buch. Preis 18 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

. 72 SONNABEND, 15. SEPTEMBER 1928 Nr. 37

Kunst und Technik

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. E. h. Richard Riemerschmid, Köln

(Hierzu Bildblatt 36 bis 39)

Vorgetragen in der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen, am 10. Juni 1928

Die Ausstellung „Kunst und Technik" im Folkwang-Museum in Essen — Gegensätze zwischen Kunst und Technik früherer Zeiten unbekannt — Gleichgewicht geht verloren — Technik reißt die schöpferischen Kräfte an sich — Aus ihr gehen die Anfänge hervor zu neuem künstlerischen Leben — Die Kunst paßt sich den neuen Verhältnissen an — Formen, die mit unserer Art, zu sein, übereinstimmen — Beide Gebiete schöpfen aus derselben schaffenden, erfindenden Phantasie — Technik und Wirtschaft als die größten Mächte der Zeit sind verpflichtet zur Förderung von Kunst und Wissenschaft — Die Form als Ausdruck der Wesenheit und der lebendigen Empfindung — Werke der Gotik und das Handwerk als Beispiele — Die Form, das Ergebnis aus Werkstoff und Arbeitsvorgang — Einfluß der Maschine auf die Form — Wunsch und Ausblick

Von Kunst und Technik soll die Rede sein. Ich glaube, mich nicht zu täuschen, wenn ich annehme: Sprachgebrauch und Denkgebrauch verbinden [illegible]e mit diesen zwei Worten die Vorstellung eines [illegible]ensatzes. Es gilt als bekannt, daß die Technik mit [illegible]st, die Kunst mit Technik, wenig zu tun hat. Es sind [illegible]hrungspunkte da, jawohl, aber mehr ist kaum zu [illegible]. Auch die reiche, eindrucksvolle Ausstellung, die [illegible] uns hier in Essen zeigen, scheint mir ein Beleg [illegible] diese Meinung zu sein. Sie umfaßt vier Abteilungen: Die erste enthält Bildnisse von Männern der Technik. [illegible]a ist ein Berührungspunkt, aber doch nur ein äußer[illegible]r, ein zufälliger. Gerade so gut könnten z. B. Män[illegible]r aus dem Bayerischen Landtag oder aus einer [illegible]tzengesellschaft abgebildet sein. Und das hätte dann [illegible] nachdem — eben so viel oder eben so wenig mit [illegible]t zu tun. Zu welchem Wert übrigens solche Grup[illegible]lder auch einer recht unwichtigen Schützengesell[illegible]t hinaufgehoben werden können, das lehrt ein Blick [illegible] einige der Wunderwerke Rembrandts oder [illegible] Hals'.

[illegible]ie zweite Abteilung: Die Technik durch das Auge [illegible] Künstlers gesehen. Auch hier nur eine äußerliche [illegible]ndung, die eben so gut zu einem ganz unpersön[illegible] Gebiet, etwa zu den Alpen, führen könnte.

[illegible]s liegt ähnlich bei der dritten Abteilung: Ehren[illegible]e, Plaketten, Denkmünzen, die ihr Dasein Aufträgen [illegible]en Kreisen der Technik verdanken. Ein bedenkliches [illegible]bi! Die Nebenbemerkung, daß gar zu Vieles, was da [illegible]steht, besser zum Verstecken als zum Ausstellen sich [illegible], ist so schwer zu unterdrücken, daß ich's — wie [illegible]merken — nicht fertig gebracht habe. Zufällig ist [illegible] hier die Beziehung. Den Stadtgemeinden, den Sport[illegible]bänden können ja ähnliche Erfolge auch nicht abge[illegible]ten werden.

[illegible]hr bei der vierten Abteilung: Technische Bücher [illegible]ihrer Ausstattung und ihren Einbänden, sind wenigstens [illegible]fänge einer innigeren Verbindung, ein Zusammenwirken [illegible]schen der Leistung der Technik und der Leistung [illegible] künstlerischen Handwerks zu finden.

[illegible]ber in dieser Ausstellung fehlen oder stehen doch [illegible] sehr im Hintergrund die

[illegible]erke, in welchen Kunst und Technik sich einheitlich durchdringen,

[illegible], zu einem einheitlichen Ganzen geworden sind: Die [illegible] geformten Maschinen, die guten Fabrikbauten, [illegible]ücken-, Damm- und Hafenbauten, das gut durchgebil[illegible]e Werkzeug, die wissenschaftlichen Apparate usw., die [illegible]iff Es fehlen die unzähligen Dinge, die aus der Ar[illegible]d Technik hervorgehen oder für den Gebrauch der Technik entstehen und die ihre eigene, ausdrucksvolle und heute ganz besonders bedeutungsvolle Schönheit haben. Warum fehlen sie? Ich glaube, doch wohl einen Zusammenhang annehmen zu können mit jener Auffassung von einer Gegensätzlichkeit. Aber diese Auffassung ist nicht nur unrichtig, sie ist auch schädlich, sie steht einer gesunden Entwicklung — die glücklicherweise trotzdem angebahnt ist — hemmend und verzögernd im Wege.

Man hat diese Auffassung von einem Gegensatz zwischen Kunst und Technik in früheren Zeiten nicht gekannt. Das wird recht deutlich, wenn wir beachten, daß vor Jahrhunderten mächtige Fürsten oder Städte gar oft mit allen Mitteln danach trachteten, einander große Künstler abzugewinnen, nicht um ihnen künstlerische Aufgaben zu übertragen, sondern um mit Kriegsgewalt den Gegner sicherer zu treffen. Sie sollten Verteidigungsbauten errichten, die besten Belagerungsmaschinen, die wirksamsten Waffen erfinden. Ist's nicht bezeichnend, daß gerade die technische Erfindung, die Jahrtausende hindurch die Phantasie der Menschen am meisten beschäftigt hat: das Fliegen, in der Sage zuerst Dädalos und Ikaros, den Künstlern, die das Labyrinth erbaut hatten, gelingt?

Der große Name Lionardos kann in diesem Zusammenhang nicht ungenannt bleiben. Daß auch er Flugmaschinen erdacht, Festungsanlagen gebaut hat, ist Ihnen allen bekannt; daß er auch mit einer Frage, die uns heute so vielfach beschäftigt, mit Verkehrsreglung sich abgegeben hat, ist Ihnen vielleicht neu. Matthias Grünewald sollte, nachdem er seine künstlerische Aufgabe erfüllt hatte, in Halle zurückgehalten werden; man wollte für den Ausbau der Befestigungen und andrer technischer Bauten seinen Rat und seine Erfindungskraft zur Verfügung haben. Der große Baukünstler Balthasar Neumann war Pionieroffizier; öfters ist es in jenen Zeiten vorgekommen, daß Offiziere der technischen Truppen zu künstlerischen Aufgaben kommandiert wurden.

Damals war die richtige Einsicht noch lebendig, daß die

Gestaltungskraft,

die bildend-schöpferische Phantasie die Kostbarkeit ist, die Leben und Macht zu steigern vermag, daß das Entscheidende nicht liegt in der Frage, ob sie angewendet wird auf eine technische Leistung oder auf ein Kunstwerk, auf eine Festung oder ein Bild auf einen Palast oder ein Schmuckstück oder eine Buchseite.

Dann kommt aber eine Zeit, in der das Gleichgewicht verloren geht. Die bildenden Künste werden kraftlos, sinken herunter; da ändert sich die Auffassung. Das ist um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Nachdem die Empire-

zeit schon Neigung gezeigt hat, zur Nachahmung alter Stile als einer Stütze für die schwindende Kraft überzugehen, macht sich das Bedürfnis geltend, der versickernden Quelle nachzubohren, ob sie nicht doch wieder zum sprudeln gebracht werden könne: Akademien, Zeichen- und Malschulen werden von Fürsten und gemeinnützigen Gesellschaften gegründet und gepflegt. Es gerät in Vergessenheit, daß die nächste und eigentliche

Aufgabe der Kunst ist: allem Bedarf der eigenen Zeit vollendete Form zu geben,

nicht Museen, Sammlungen, Ausstellungen mit Bildern und Statuen zu füllen. Mit der Entfernung vom lebendigen Bedürfnis überhaupt fällt notwendig zusammen auch die Entfernung von der Technik, einem dieser lebendigen Bedürfnisse. Der Zwiespalt einer in kulturellen Dingen unsicheren Zeit tut sich auf und wird bald nicht nur ertragen, sondern für selbstverständlich und notwendig gehalten. Man gewöhnt sich daran, in Kunst und Technik zwei getrennte Gebiete zu sehen; die Menschen, die sie bearbeiten, kümmern sich wenig um einander, kennen sich wenig.

Aber nicht gleichmäßig geht in beiden Lagern die Entwicklung vor sich. Es bekommt das Streben nach dem Beherrschen der Naturkräfte, der Funktion, der technischen Leistung das Übergewicht, hier wird mehr und mehr die ganze Kraft eingesetzt,

die Technik reißt die schöpferischen Kräfte an sich.

Die Dampfmaschine, die Elektrizität formt Leben und Lebensauffassung um. Besonders das Teilgebiet der Technik, das mittelbar und unmittelbar dem Verkehr, dem Überwinden der Entfernung dient, gewinnt eine Bedeutung, die großartig ist, die man aber auch als ganz furchtbar empfinden kann, steigert damit das Tempo, in dem wir leben müssen — und keiner kann sich diesem Tempo entziehen — zu sinnverwirrender Hast. Vom Dampfschiff und der Eisenbahn gehts zum Telegraphen, zum Telephon, zur drahtlosen Übertragung, zum Rundfunk; vom Zweirad zum Kraftwagen, Luftschiff, Flugzeug, von der Daguerreotypie zum Lichtbild und zum Kino, vom Handbetrieb in der Druckerei zur riesenhaften Schnellpresse. Auch das Werbewesen, das Licht mit seinen berückenden Möglichkeiten, spielen da herein.

In den Großstädten, überall eben, wo Sammelpunkte für menschliche Begabungen, für menschliche Bestrebungen und Entwicklungen sind, beherrscht dieses hinreißende, zermürbende Tempo jede Tätigkeit, jeden Willen. Vorbei die Zeit, wo man noch Zeit hatte. Wie ein Märchen aus uralten Zeiten mutet uns die niedliche Erzählung aus dem Japan der neunziger Jahre an: Der Besteller eines kleinen Kunstwerks bekam auf die Frage, wann wohl die Arbeit fertig würde, die Antwort: „Vielleicht in einem Tag, vielleicht in einem Monat, vielleicht in einem Jahr", — — und er dankte höflich für die Auskunft und ging befriedigt weg. Vorbei die Zeit, wo man behaglich arbeitete, wo jede Arbeit, selbst das Kriegführen, mit einer Behaglichkeit betrieben wurde. Wie kommt es uns, die wir den Weltkrieg erlebt haben, vor, wenn berichtet wird, daß „Winterlager bezogen" wurden. Unser Teil ist Ruhelosigkeit, in der wohl ein höchstes Anspannen aller Verstandes- und Willenskräfte möglich und notwendig erscheint — aber wie soll ein ruhiges Sich-Vertiefen und Sich-Versenken, wie soll Beschaulichkeit, geistige Sammlung, Reife in dieser erregten Umwelt, wie soll Kunst gedeihen, die doch nur aus solchen Voraussetzungen — wir haben's doch immer als sicher angenommen — erblühen kann. Müssen nicht alle diese zarten Pflanzen versengt werden in dieser überhitzten Atmosphäre? Ja, sie sind versengt worden, wir alle wissen's und haben darunter gelitten, die wir mit offenen Augen in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts — und auch noch darüber hinaus — in den neuen Straßen unserer Vorstädte und Großstädte, in Mietwohnungen und Fabriken, auf Messen und Gewerbeausstellungen vor diesem scheußlichen, halb lächerlichen, halb abstoßenden Zeug standen, das unter den angebotenen Waren vorherrschte — auf der ganzen Welt!

Wenn da der zurückgedrängten Kunst die einzige notdürftige Rettung zu sein schien: Absonderung, Glashausschutz und Glashausaufzucht, wie sie eben in A
demien und Kunstausstellungen und Museen gepf
wird, ist's denn verwunderlich?

Aber wir müssen — wie in so vielen Dingen di
20. Jahrhunderts — auch hier umlernen. Stärker u
größer als alle Theorie und die klügs
Schlüsse ist das Leben.

Gewiß ist's richtig: Die Technik, die Maschine,
Verkehr, sie haben die Voraussetzungen für eine blüh
Kunst zerstört. Aber ebenso gewiß ist richtig:

Aus der Technik gehen die Anfänge zu neuem künstlerischen Leben hervor.

Wieder wird das große, geheimnisvolle Wort: „St
und werde" zum Ereignis. Die Technik tritt
Herrschaft an; nicht einem sinnlosen Machthunger f
sie, sondern einem Gebot, einem Bedürfnis, das in
Lebensrichtung der Zeit liegt. Sie lebt und schafft;
Schaffen selbst drängt zu neuem Schaffen.

Aber kein Schaffen ohne Form. Je stärker, g
artiger, echter die Lebenskraft, desto stärker, groß
ger, echter ist die Form, die sie sich schafft. Wohl bra
dieser Vorgang der Formgewinnung seine Zeit, abe
setzt notwendig ein. Er setzt unbewußt ein, aber
unverdorben. Darin liegt ein entscheidender Vor
Nicht mehr von den Kirchenbauten, den Justizpalä
den Schlössern gehen die formbestimmenden Anregur
der jüngstvergangenen Zeit aus, sondern von den S
fen, den Brücken, den Maschinen, dem Sportgerät,
Industriebauten.

Was die Kunst hätte tun sollen, was sie, zur S
geschoben, verlernt und vergessen hat, das tut die T
nik. Gefühlsmäßig holt sie

die Form aus den Aufgaben

heraus, sie gestaltet, lebendig und sachlich, ohne for
Voraussetzungen zu kennen und anzuerkennen. Form
also künstlerische Begabungen, die von der zeitbed
ten Strömung mitgerissen, in die Technik sich h
ziehen lassen, äußern hier ihre natürliche Begabung
willkürlich und in dieser Unwillkürlichkeit liegt Fris
Ursprünglichkeit, ungebrochene ungeschwächte K
Und so weist — ohne sich darum zu kümmern —
Technik die Wege für die Kunst, kann
aber nicht zu Ende gehen, kann eben nur
Wege weisen, bis die Kunst sich wieder besinnt auf
Kraft und auf die prachtvollen Möglichkeiten, die
so erstarkte Technik, verbunden mit einer wieder
starkten Kunst, hervorbringen kann.

Das ist nun der Zeitpunkt, den wir in diesen let
Jahren erreicht haben; die Kunst wagt sich wieder
Leben hinein. Aber sie ist eine andre geworden;
das Leben ein andres geworden ist, muß sie — ge
wenn sie ihren wahren Beruf, der eigenen Zeit ihre F
zu geben, wieder erfaßt hat — auch eine andre gewo
sein. Wir leben in einer andern Welt, nach jenen Um
zungen der Technik und nach dem fürchterlichen
schnitt, den der Krieg bedeutet. Wir sind veränd
Menschen, tragen veränderte Gedanken, veränderte Id
in uns. Entschlossen ist der Weg, der gewiesen war
treten worden; wir sind daran, unsre eigenen Ausdru
formen zu gewinnen, wir besitzen

die Anfänge zu einem Stil unsrer Zeit.

Viel von diesem Glück — ja, ich nenne es ein Glück,
will mich nicht fürchten vor einem spöttischen Lächel
danken wir der Technik; man könnte ja vielleicht
genauer sagen: danken wir dem Teil schaffender K
der, nachdem er zur Technik übergegangen, zwar
nicht daran dachte, Kunst hervorzubringen, es aber
sächlich doch tat.

Wir, die wir uns mit künstlerischer Arbeit be
mäßig befassen, sind in einer merkwürdigen Lage.
scheidende Leistungen der gestaltenden Kraft wurde
vollbracht, wo man sich von allen künstlerischen Theo
mitsamt aller Kunstkritik und aller Kunstschriftstell
unbeachtet und unbeobachtet wußte; und so e
fangen wir, was wir geben sollten.
dieses Verhältnis, das lange nicht erkannt und de

agweite zunächst gar nicht begriffen wurde, erwies h doch bald als fruchtbar, eben, weil es die Verndung, deren Fehlen lange Zeit die Entwicklung terdrückt hatte, wieder herstellte. Wer den stoß gegeben hat, ist das nicht ganz gleichgültig?

Fassen Sie die Leistungen der letzten Jahre ins ge! Wieviel an kühn und sicher bezeichnender nienführung, Formgebung, Massenanordnung hat mentlich die Baukunst hervorgebracht von dem itpunkt an, wo sie bereit war, die gute Lehre eudig anzunehmen, die bei der Technik zu holen r. Jahrzehntelang hatten, zwiespältig und unehrlich, e möglichen historischen aufgeklebten Verzierun- n überall vorgeherrscht. Jetzt endlich tauchen, erst in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts, bei r „angewandten Kunst" — denn hier waren für chende und Ahnende die Spuren, die zur rechten Straße rückführten, am ersten zu finden, und die Verbindung t der Technik, mit dem Handwerk, der Maschine am chtesten herzustellen — dann in rascher Folge auch der Baukunst Formen auf, die mit unserer Art zu n, zu sprechen, zu denken übereinstimmen: Ohne el Umschweife, schmucklos, straff, einch, sachlich, geradlinig, unmittelbar fs Ziel gehend. Endlich kommen wir uns in er Renaissancewohnung oder Rokokoeinrichtung, r in der Fabrik, der romantische Zinnen und Türm- n zur „Verschönerung" aufgesetzt sind, genau so un- glich vor, wie wir's täten im reichgestickten Frack mit Perücke auf dem Kopf. Ein Zug von Wahrheit, Echt- t, Sauberkeit liegt in der Übereinstimmung zwischen scheinung und Leistung — hier steckt auch der Grund, berechtigt, von einem neu gewonnenen Glück unsrer t zu sprechen — und wie eben zu aller Vollendung h die Harmonie, die Ganzheit gehört, so ist mit dieser ndung auch der Technik erst wieder der Weg ganz ffnet, der zur Vollendung führen kann.

Jede Zeit, jede Rasse, jede geschlossene Weltanschau- g hat ihr Schönheits- und Vollkommenheitsideal, dem zustrebt in allen ihren Äußerungen. Unser Vollkom- nheitsideal liegt sicher etwa in der Richtung auf:

lar, knapp, rasch übersehbar, großzügig, einfach.

s geht's uns an, wenn andre Zeiten, andre sen ganz andre Ideale haben und gehabt haben? s ist das geistige Zeichen, unter dem wir hen müssen, weil es die Zeit so will, in der wir en, weil diese Zeit die technische Höchstleistung er- ehen kann und deshalb erreichen will.

In der wirtschaftlichen Arbeit finden wir überall ammenschlüsse, Vereinfachungen; Kleinbetriebe wer- ausgeschaltet, die bequemere, gemütlichere Arbeits- se früherer Zeit verschwindet, alles Überflüssige wird gelassen. Entspricht nicht diesen Vorgängen genau Zurückdrängen des Ornaments, das Vorherrschen der ammenfassenden großen Linie; entspricht nicht den derungen raschester, nach Tagen abgezählter Fertig- ung die Verwendung vorwiegend großer, schnell aus- ührender Formen, das Streben nach Verwendung edlen ffes — um trotz dem raschen Arbeiten edle Wirkungen ermöglichen —, entspricht nicht der heftigen, rück- ichtslosen, angespannten Arbeitsweise der entschiedene, n Brutalität streifende großartige Rhythmus der lang- in hingestreckten und wieder daneben hart aufstreben- de Massen unserer Bauten und die Vorliebe für glatte, pde, durchsichtige Werkstoffe; entspricht nicht dem ssenaufgebot von Menschen das Aufmarschieren von ulertfach wiederholten Formen, von unzähligen Paral- eln, von unerhörten Maßen und Zahlen? Ähnelt nicht ll unsre Arbeit mehr und mehr der höchst verantwor- ngsvollen und aufs äußerste mit der Zeit geizenden Arbeit des Chirurgen, und entspricht dann nicht not- wendig auch die Form unsres Werkzeuges, unsrer Ma- schinen der Form der glatten, schlanken chirurgischen Instrumente, gehört nicht endlich notwendig diese glatte chönheit zu unserm Formideal? Die technische Lei- tung und die Form, beide sind eben ein Ergebnis der- selben schaffenden, erfindenden Phantasie. Wie die er- reichte — und auch die erreichbare — Funktion die Form hervortreibt, so treibt diese lebendige Form wieder die Leistung hervor und hinauf. Ich halte diesen

Vorgang der Formwerdung

durchaus nicht etwa für durchgeführt, er ist erst angefangen. Steigerungen, Verfeinerungen, viel Wunderbares, Unbekanntes und Ungeahntes wird da möglich sein; die Vollendung, wenn sie überhaupt uns erreichbar ist, liegt in der Zukunft, die Arbeit des Künstlers wird dabei unentbehrlich sein. Er bringt eine Feinheit des Stoffgefühls mit, die in gewissem Sinn über alles wissenschaftliche Ergründen der Stoffeigenschaften hinausgeht, eben weil sie aus dem empfindlichsten Apparat, der aus innerer Anschauung schöpfenden Phantasie, hervorgeht. Solche Feinfühligkeit den Möglichkeiten gegenüber, die in einem Stoff stecken, kann dann wohl imstande sein, auch die technischen Leistungen zu erhöhen: Eine aus konstruktiven technischen Gründen hervorgegangene Form deutet eine Richtung auf schöne, ausdrucksvolle Wirkung an, gleich wird sie mit Entschiedenheit erfaßt und weitergetrieben vom Künstler, und der Techniker wird mitgerissen und zu höherer Leistung hinaufgetragen.

Es ist ja verwunderlich, wie hilflos, wie langsam oft — zunächst — die Technik in der Formfindung bleibt. Schwer löst sich die Gewohnheit ab von den Formen, die bisher ähnlichen Zwecken gedient haben. Der Kraftwagen gleicht der Pferdedroschke, wie früher der Eisenbahnwagen der Postkutsche glich. Da, in diesem Stand der Arbeit kann der wirklich erfindungsreiche, formenreiche, phantasiebegabte Künstler, zur Mitarbeit gerufen zu sehr viel rascheren, sehr viel sichereren Fortschritten verhelfen. An die Stelle eines langsamen Tastens kann die glückliche, das Ziel erschauende Intuition treten. Der Künstler, nicht vom Wissen um alle technischen Einzelheiten gehemmt, nicht beschwert, hat hier den Vorteil voraus, daß er mit voller Frische zufassen kann; wie in früherem Stadium der Techniker den Vorteil der Unbefangenheit, Unbeschwertheit der Form gegenüber nutzen konnte. Es ist jetzt in der Kunstschriftstellerei gerade üblich, die Mitarbeit von Künstlern als recht bedenklich hinzustellen, nur die anonym entstehende Form als wertvoll gelten zu lassen. Aber da von dieser Kunstschriftstellerei recht oft mehr Wert darauf gelegt wird, möglichst geistreich zu urteilen, als möglichst richtig zu urteilen, wird das nicht gar zu ernst zu nehmen sein. Ich bleibe dabei: die Wahrscheinlichkeit ist am größten, daß Vollendung bei engem, verstehendem und vertrauendem Zusammenarbeiten aller schöpferischen Kräfte erreicht wird, Vollendung nach beiden Seiten hin, ganze Vollendung. Wer aber ein ganzer Kerl ist, der hat auch nur an etwas Ganzem rechte Freude.

Die

Vollendung

wiederum übt unfehlbar großen Reiz aus, hat starke Anziehungskraft; die muß der Kaufmann, der Staatsmann wünschen und herbeiführen. Die Wirtschaft fordert das Streben nach der höchsten Leistung, und so schließt sich der Kreis. Die Technik braucht die Form, braucht mit der Form die Kunst. Ideale Gründe verlangen es, aber auch wirtschaftliche Gründe verlangen dasselbe.

Noch ein bedeutender Gesichtspunkt verdient hervorgehoben zu werden. Die Technik und eng mit ihr verflochten, notwendig mit ihr verbunden, die Wirtschaft, das Kapital, sind die

größte Macht unserer Zeit,

einfach weil hier die größten Leistungen unsrer Zeit liegen. Aber mit der Macht sind hohe Verpflichtungen unlösbar verbunden, und keine Macht hat Dauer, wenn sie diese Verpflichtungen nicht anerkennt und erfüllt. Auf schwachen Füßen steht jede Macht, so lange sie nur sich selbst meint und sich nicht in den Dienst höherer und der höchsten Ideen stellt, zu denen die Menschheit fähig ist. Das verlangen die Menschen von den Mächtigen, und sie haben recht. Was früher den herrschenden Ständen und Fürsten zufiel als hohe Pflicht, die Kunst, die Wissenschaft zu pflegen und zu fördern,

(Bild von Raboma)

Ständerbohrmaschine

(Bild von Junk[ers])

Verkehrsflugzeug

Zwei Maschinen, deren Formen eine gute Durchbildung gefunden haben, Formen, die sachlich und wuchtig sind wie die Arbeit, die geleistet werden soll. Und auf diese Weise werden sie auch ausdrucksvoll, eine Eigenschaft, die die Form künstlerisch macht.

(Aus „Die Technik im Weltkrieg" v. M. Schwarte, Verl. E. S. Mittler & Sohn, Berlin)

Ein Unterseeboot,

entzückend wie ein Stück Natur, eben weil es seiner Aufgabe, seiner Natur bis in die letzte Form angepaßt ist

(Aus „Schönheit der Technik" von F. Kollmann, Verl. Alb. Langen, München

Dazu ein Kraftwagen,

dessen Formen noch darüber hinaus auch dem Luxus dienstbar gemacht sind.

Riemerschmid: Kunst und Technik

(nach Diapos. v. Dr. F. Stoedtner, Berlin)

Saline Ofenau in Württemberg,
ein einfacher Fabrikbau, der seine gute Wirkung nur der ruhigen Sachlichkeit seiner Formen verdankt.

(nach Diapos. v. Dr. F. Stoedtner, Berlin)

Erzsilos der Società Ilva,
eine ernste, einfache Großartigkeit der Formen.

(Bild von E. A. Seemann, Leipzig)

Türme für drahtlose Telegraphie, Norddeich.
Die Zierlichkeit, zu der der Werkstoff Eisen mit seiner ungeheuren Leistungsfähigkeit gebracht werden kann, kommt hierbei deutlich zum Vorschein.

Riemerschmid: Kunst und Technik

Einige Beispiele mögen dartun, wie falsch die Annahme ist, daß technische Werke notwendig die landschaftliche Schönheit aufheben oder schädigen müssen. Werke, in denen Kunst und Technik in bestem Sinn verbündet auftreten, können nämlich die Schönheit einer Landschaft auch bedeutend steigern.

Ponte della Maddalena.

Pont du Gard, Nimes.

Beides rein technische Aufgaben, die aber allerdings mit wirklicher Meisterschaft auch in bezug auf ihre Form bewältigt worden sind.

Eine Windmühle aus Sibirien
zeigt, daß auch, wo sie am Platze sind, mit den derbsten, gröbsten Mitteln, wenn nur jede Spur von Künstelei fehlt, die schönsten Wirkungen erreicht werden können.

Die große chinesische Mauer
ist ein Befestigungsbau, ein rein technischer Bau, der aber die Bewegung des Geländes wundervoll verdeutlicht und ins Ungeheure steigert.

(alle vier Bilder nach Diapos. von Dr. F. Stoedtner, Berlin)

Riemerschmid: Kunst und Technik

(nach Diapos. v. Dr. F. Stoedtner, Berlin)

Die Solebehälter der Saline Wilhelmshall
dürfen wohl als ein wundervolles Beispiel für einfachste Formen von starker künstlerischer Wirkung gelten.

Bei diesem Bild aus einer neuen Fabrik
scheint mir von ganz besonderem Reiz der Gegensatz zwischen den ungeheuren bauchigen, schwellenden Formen und der zierlichen Wendeltreppe, die zwischen ihnen — man möchte sagen: spöttisch und lustig — hinauftänzelt.

Auch bei dem Schiffskörper im Dock
ist es die Linienführung, die das Ganze zu einer hinreißenden Erscheinung macht.

(beide aus „Schönheit der Technik" v. F. Kollmann, Verl. Alb. Langen, München)

(nach Diapos. v. Dr. F. Stoedtner, Berlin)

Friedrich-Alfred-Hütte (Krupp) in Rheinhausen.
Wie die wuchtigen Formen, gänzlich schmucklos und dabei von reichster Wirkung ineinander verschlungen sind, sich stützen, sich ausweichen, ergibt das deutlichste Bild von schwerer, ernsthafter, durchdachter Arbeit.

Das Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke, Berlin, ein Industriebau, in dem der Rhythmus neuzeitlicher Bauweise sich deutlich ausspricht.

Die Eisenbetonhalle für Lenkluftschiffe (links) kann wohl als eine der schönsten unter den Bauten genannt werden, bei denen Kunst und Technik aufs engste zusammengearbeitet haben, ganz unbeeinflußt von irgendwelchen historischen Reminiszenzen; aber das Ergebnis ist so gut, daß ich sagen möchte: leider steht diese Halle nicht in Deutschland.

(Bild v. E. A. Seemann, Leipzig)

Die Autofahrbahn auf dem Dach der Fiatwerke, Turin (rechts), ist durch die kühne und großartige Linienführung eindrucksvoll.

Riemerschmid:
Kunst und Technik

(aus „Schönheit der Technik" v. F. Kollmann, Verl. Alb. Langen, München)

ällt auch heute den herrschenden Mächten zu. — Nicht Zu-
all, sondern notwendiger Zusammenhang ist darin zu
ehen, daß die Macht der Fürsten zerbricht zu einer Zeit,
o sie nicht mehr in ihrem Machtbereich lebendige Kunst
ördern, hervorrufen, antreiben. — Will die Technik sich
ehaupten, will sie Mehrer ihres Reiches sein und bleiben,
o muß sie die Kunst sich dienstbar machen — indem
ie ihr dient. So muß das wechselseitige Verhältnis
eschaffen sein! Anders läßt die wahre Kunst
ich nicht gewinnen.

Manche rühmlichen Beispiele können genannt werden,
ie nach der Arbeit, neben der Arbeit der Reichtum, der
us der Arbeit herausgeholt worden ist, Künstlern und
unstwerken zugewendet wurde. Solche Absichten können
eilich für die Entwicklung der Kunst sehr bedeutend
erden. Deshalb mag es erlaubt sein, ein paar Worte von
äzenatentum zu sagen. Der Mann, von dem der Name
ammt, lebte bekanntlich in einer Zeit, in der die Anfänge
es Verfalls lagen für eine weltbeherrschende Macht und
re Sitten, einer Zeit, in der die Kunst mehr und mehr zum
uxus wurde und vor allem dem verfeinerten Genuß diente.
as ist bezeichnend. Zwar ist der Name „Mäzen" ein Ehren-
ame, und mit Recht: immer wird der Künstler, meist
lber hilflos in wirtschaftlichen und politischen Dingen,
uf die Hilfe Mächtiger angewiesen bleiben. Aber doch:
cht die Männer, die bereit sind, der Kunst zu helfen,
ndern die Männer, die bereit sind, sich von der Kunst
lfen zu lassen, meine ich, haben die rechte Einstellung
funden. An die Kunst und die Künstler die höch-
ten Anforderungen stellen, nicht um
as Leben zu schmücken, sondern um
as Leben zu vertiefen und vor allem die
beit zu vertiefen, die Arbeit selber zu etwas Herrlichem,
llem zu machen, das ist die beste Art von
äzenatentum, kommt dem Kunst-Schaffen nahe.
ller hat dazu Gelegenheit! Keine verantwortungsvolle
elle und Tätigkeit, die nicht täglich und stündlich Ein-
fluß auf die Formung der Dinge ermöglicht und verlangt.

Irgendeine Form muß jede Arbeit annehmen und die
technische Arbeit in der Regel auch eine sichtbare Form.
Daß diese sichtbare Form mehr ist als dürftige, rohe
Notwendigkeit oder aufgeputzte Hilflosigkeit, daß die Form
Ausdruck der Wesenheit ist, die in dem Ding sich ver-
körpert, darüber hinaus auch Ausdruck der lebendigen
Empfindung, die den Gestaltenden bewegt hat, dafür mit
den Mitteln zu sorgen, die gerade ihm zugänglich sind, ist
nicht nur die beste Art, Kunst zu fördern, es ist auch eine

Kulturpflicht jedes mächtigen Mannes,

eine Pflicht, die mehr als manche andre Pflichterfüllung
den Vorzug hat, mit Befriedigung und einem guten Glücks-
gefühl zu belohnen. Ja, das ist eine andre Auffassung
von Kunst, als sie die jüngst vergangenen Jahrzehnte gelten
ließen und pflegten; aber keine schlechtere. Sie kommt
der Auffassung alter Zeiten viel näher.

An dieser Stelle wird eine kleine

Warnungstafel

am Platze sein: schlimme, ganz schlimme Dinge entstehen
so oft, wenn Technik mit einer unechten, verlogenen, soge-
nannten „Kunst" sich verbindet — ich erinnere an Ozean-
dampfer mit traulichen Kaminplätzen und Marmorsälen
mit pompejanischen, säulengetragenen Schwimmbadehallen
— diese Verbindung gleicht einem peinlichen „Liebesver-
hältnis". Die Verbindung soll aber eine rechte und gute
Ehe sein, aus der kräftige, gesunde Kinder hervorgehen.

Solche „Kunst", die vor jeden Bahnhof, jedes Schul-
gebäude, jede Villa dieselben Renaissanceprofile und
Säulenstellungen vorklebt, gewinnt freilich der Technik
wenig ab. Aber es gibt eine Baukunst, die ganz ver-
schmolzen ist mit der Technik. Sehen Sie auf die reifsten
Werke der Gotik. Da sind die rechten Beispiele zu
finden, da ist die wundervolle Konstruktion mit den
wundervollen Formen, da sind die von einem scharfen,
sicher rechnenden Verstand erfundenen technischen Mög-
lichkeiten mit den mystischen Wirkungen der himmel-
anstrebenden Gewölbe und Fialen zu einer unlösbaren
Einheit geworden, bei der kaum mehr zu unterscheiden
ist, ob der Ingenieur oder der Dichter die Führung hat.

Noch ein Sondergebiet der Technik gibt's, das be-
sonders klar zeigt, wie eng und einander bedingend diese
Zusammenhänge sind, ich meine die Technik im Kleinen,

das Handwerk.

In jedem wirklichen Meisterwerk, das hier entsteht, ist
Kunst und Technik untrennbar verbunden, ist die eine der
andern ganz dienstbar. Das Steinbildwerk muß ganz
andre Formen wie das Bronzebildwerk zeigen, wenn es
wirklich gut sein soll, und dasselbe gilt wieder von der
holzgeschnitzten Figur; wenn man da den Ausdruck ge-
braucht, die Formen seien „abhängig" vom Arbeitsvor-
gang und Werkzeug, so ist er noch viel zu schwach. Viel
richtiger ist's zu sagen: die Hände des feinfühligen Künst-
lers werden geführt, geleitet durch seinen Stoff und sein
Werkzeug, werden geführt durch die Technik; sie wird
zur guten und treuen Helferin und begleitet den rechten
Künstler von Anfang an bis zur letzten Feinheit seines
Werkes. Nicht der erzählbare Inhalt eines Bildes, eines
Kunstwerks stellt seinen eigentlichen Gehalt dar, die
technisch-handwerkliche Meisterschaft,
die einem großen Menschen ermöglicht,
sein großes Wesen ganz und vollendet
auszudrücken, ist am Kunstwerk das
Entscheidende. Mit welchem Werkzeug, mit wel-
chem Werkstoff der Ausdruck gelingt, das ist gleich.
Und wenn die Technik neue Ausdrucksmöglichkeiten
andeutet, wenn Eisen, Beton oder die Leichtmetalle
Formen möglich machen, die vorher unausführbar
waren, so hat die künstlerische Gestaltungskraft nicht
die Wahl — sie muß sich dieser Mittel bemäch-
tigen, muß sie benutzen, muß sie steigern, muß sie ver-
edeln. Seien wir froh darüber, daß wir heute schon die Anfänge
dieser notwendigen Entwicklung sehen können.
Aber noch einmal lassen Sie mich betonen: das alles sind
Anfänge; diese technischen Möglichkeiten müssen erst noch
in unser Gefühl ganz eingehen, bis sie auch als Formen
ganz ausgewertet werden, bis zu den letzten Möglichkeiten
hinaufgetrieben werden können, Möglichkeiten, die in ihnen
tief verborgen sind und nur durch lange Arbeit der künst-
lerischen Begabung herausgelöst werden.

Es kann zunächst gar nicht anders sein, als daß neben
dem Geglückten, Entwicklungsfähigen viel Mißglücktes,
Unbrauchbares entsteht, neben ernsthaftestem Streben ober-
flächliches Nachtreten — und nicht immer ist's leicht, da
richtig zu unterscheiden —, aber das darf nicht dazu
führen, überhaupt zu verachten und abzulehnen. Nur wenn
die Zustände bleiben, können auch die Formen bleiben —
China hat durch Jahrhunderte das Bild eines solchen un-
veränderten Schlafzustandes gezeigt —; aber unsere heu-
tigen Zustände, mag sie einer noch so schlecht beurteilen,
erstarrt kann er sie nicht nennen; daß sie sich bewegen,
daß sie voll von Neuem stecken, muß er zugestehen — und
in gleichem Maße müssen sich die Formen bewegen und
müssen voll von Neuem sein. Das ist zwangläufig.

Noch wenige Worte vom

Einfluß der Maschine auf die Formen.

Lange hat man gekämpft gegen die Meinung, Dinge, die
aus der Maschine hervorgehen, müßten häßlich, seelenlos
sein, alle Mittel wären anzuwenden, um sie mit ver-
schönernden Verzierungen ausgestattet herauszubringen.
Auch hier ist ein Gebiet, wo Technik und Kunst ganz in-
einander verflochten sind. Es war schon davon die Rede,
daß unser Empfinden sich den Nötigungen anschmiegt, daß
die glatten, strengen, genauen Formen anfangen, uns zu
freuen; unsre Vorstellung, unser Schönheits- und Vollkom-
menheitsideal ist beeinflußt von der Leistung der Maschine,
ist technisch beeinflußt. Wie kann's anders sein in einem
so entschieden technischen Zeitalter? Und nun sollte auch
endlich die Bedeutung der Möglichkeit richtig eingeschätzt
werden, das eine zur maschinellen Wiederholung be-
stimmte Modell in seinen Verhältnissen, im Fluß seiner
Linien mit vermehrtem Aufwand von Zeit und Sorgfalt
durchzubilden bis zur erreichbaren Vollendung; die durch
die Maschine gebotene Möglichkeit, unzählige Male zu
wiederholen, wird oft diese Vollendung der Form erst
wirtschaftlich zulässig machen! Auch hier gilt, daß alle
Formen, die gut genannt werden können, bedingt sind vom

Arbeitsvorgang, bedingt von der geschickten, phantasiereichen, erfinderischen Anpassung an die Leistungsfähigkeit der Maschine, die nichts andres ist als das vergrößerte, verfeinerte Werkzeug; es ist grundsätzlich derselbe wenn auch sehr viel verwickeltere Vorgang wie beim Holzschnitzer und seinem Messer, beim Schriftkünstler und seiner Feder. Alle Massenwaren, und das heißt heute überhaupt fast alle Waren, die wir in täglichen Gebrauch nehmen, und darüber hinaus noch ein großer Teil der Luxuswaren — man denke nur an die Webstoffe — gehen aus der Maschine hervor. Der Schluß ist unausweichbar, daß also die Formen fast aller der Dinge, die uns umgeben, abhängig sind von der Maschine, von der Technik.

Wo wir hinblicken, zwischen Technik und Kunst engstes Zusammenwirken. Es ist nicht nur m ö g l i c h, es ist e i n G e b o t, d e m w i r f o l g e n m ü s s e n, wenn wir nicht den Verfall wollen.

Erlauben Sie mir, noch einiges im Bild zu zeigen[1]; denn auch das Auge, nicht nur die Überlegung, hat in diesen Dingen zu entscheiden. Bei der Auswahl der Abbildungen kann es sich natürlich nicht um den Versu handeln, die letzten technischen Errungenschaften zu z gen. Sie werden Bekanntes sehen, Altes und Neues, ab von einem andern Standpunkt aus betrachtet. Es s immer das Zusammenwirken von Kunst und Technik g zeigt werden; technisch längst Überholtes kann in diese Sinne durchaus vorbildlich geblieben sein.

Ich möchte schließen mit einem

Wunsch,

der viel bedeutungsvoller ist, als er im ersten Augenbli erscheint: Möge uns Deutschen vergönnt sein, den ande Völkern vorauszueilen in dem Streben, die Macht, die der Technik liegt, und die Macht, die in der Kunst lie zusammenzubinden, eng, mit selbstverständlicher, unv dorbener junger Kraft. Möge uns dies gelingen, da braucht uns nicht bang zu sein um die wirtschaftliche u nicht um die politische Zukunft Deutschlands. D e n s o g r o ß, d a ß s i e d a s A u f b l ü h e n e i n V o l k e s h e r b e i f ü h r e n — n i c h t w e n i g e r g r — s i n d d i e v e r e i n t e n K r ä f t e d e r K u n s t u d e r T e c h n i k. [B 1681]

[1]) s. S. 1276 und Bildblatt 36 bis 39.

Neue Kokereianlage des Lothringenkonzernes

Die im Mittelpunkt der Kohlenförderung des Lothringenkonzernes liegende neue Großkokerei für eine Leistung von 1000 t Koks in 24 h besteht aus einer von der Firma Koppers gebauten Hochleistungs-Verbundgruppe von 60 Schmalkammeröfen mit 10,2 t Fassungsvermögen je Kammer (Garungszeit 11,5 h). Als Unterbau der Ofengruppe hat man zur Vermeidung bergbaulicher Einwirkungen einen biegungsfesten und dehnungsfugenfreien Eisenbetonträger genommen. Außer 54 Koppersöfen sind in die Ofengruppe sechs Kreisstromöfen nach Angaben der Bergbau-A.-G. Lothringen eingebaut worden, bei denen eine lange Flamme zur möglichst gleichmäßigen Beheizung der ziemlich hohen Ofenwände auf einfache Weise durch Ansaugen von verbrannten Gasen aus dem Nachbarzug durch die aufsteigende Flamme selbst erreicht wird[1]). Die Öfen werden je nach Bedarf mit verschiedenen Mengen Reich- und Armgas beheizt. Das Armgas gewinnt man durch Vergasen von Koksasche und Kleinkoks in vier Drehrostgasern, die bei 2600 mm Schacht-Dmr. insgesamt aus 72 bis 80 t Kleinkoks bei 75 vH Wirkungsgrad rd. 320 000 m³ Gas täglich erzeugen; infolgedessen werden täglich 80 000 m³ verkaufsfähiges Reichgas frei.

Um einen möglichst gleichmäßigen Ofengang zu erreichen, werden die Feinkohlen nach Herstellen eines bestimmten Mischverhältnisses, das außer gutem Ausbringen an Nebenerzeugnissen einen gleichmäßigen und harten Stückkoks gewährt, in einer besonderen, mit einer vereinigten Gas-Abhitzeheizung versehenen Kohlentrocknungsanlage auf 6 bis 7 vH Wasser getrocknet. Hieraus ergeben sich noch folgende Vorteile: Die Kokskammerwände werden nur wenig abgekühlt (Gefügeveränderungen der Silikasteine unter 600 °), die Gasmenge wird um rd. 22 vH vermindert und dementsprechend die Saugerleistung, das Ammoniakwasser wird stärker und die zum Abtreiben aufzuwendende Dampfmenge kleiner, Ersparnis durch Nichtüberhitzen der Wasserlast im Koksofen.

Die Kokerei ist mit einer Trockenkühlung und einer Naßlöschung zur Aushilfe ausgerüstet. Im allgemeinen soll die fühlbare Wärme des Koks in Abhitzekesseln durch inerte Gase nutzbar gemacht werden. Der glühende Koks gelangt durch den gasdicht verschließbaren, 450 mm breiten Schlitz *a*, Abb. 1, von 12 m Länge in den Eisenbetonbehälter *b* mit 160 t Fassungsvermögen, der mit besonders abriebfesten Steinen ausgemauert und oben durch eine luftgekühlte Trägerdecke aus Hängesteinen abgeschlossen ist. Durch Drehen der Austragwalze *c* wird der gekühlte Koks durch den sonst den Behälter gasdicht abschließenden Schieber *d* auf das Stahlkastenband *e* ausgetragen, das ihn in einen Aufzugkübel abwirft. Die aus dem Kanal *f* mit einer Temperatur von 180 ° kommenden kühlen Umlaufgase erhitzen sich beim Durchstreichen des Koks im Gegenstrom und werden mit 800 ° durch die Abzugkanäle *g* und den Sammelkanal *h* drei liegenden Rauchröhrenkesseln von je 810 m² Heizfläche zugeführt. Die Kühlung dauert etwa 4 h; 1 t Koks ergibt im Dauerbetriebe 0,39 t Dampf von 11 at.

Technische Vorteile der trockenen Kokskühlung sind fester, großstückiger Koks, verringerter Anfall an minderwertigem Koks, da in dem großen Behälter nicht ganz durc gegarte Stücke Zeit zum Nachgaren haben, Fortfall d Dampfschwaden. Zur Aushilfe für etwaige Betriebsstörung ist eine Naßlöschvorrichtung eingebaut, bei der der Ko auf einer mit Gußeisenplatten belegten Schrägrampe *i* dur feine Wasserstrahlen aus dem Schwenkrohr *k* abgelösc wird. Der Wrasen zieht durch den Kamin *l* ab. Der g löschte Koks fällt nach Senken der Segmentklappen *m* a das Band *n* und gelangt sodann in den Aufzugkübel.

Abb. 1
Einrichtung zur Trockenkühlung und Naßlöschung des Koks.

a Schlitz für glühenden Koks, *b* Eisenbetonbehälter, *c* Austragwalzen, *d* Schieber, *e* Stahlkastenband, *f* Kanalf. Kühlgase, *g* Abzugkanal, *h* Sammelkanal, *i* Schrägrampe zum Kokslöschen, *k* Schwenkrohr, *l* Kamin, *m* Segmentklappen, *n* Stahlkastenband

Die aus dem oberen Teil der Öfen abgehenden Stei rohre sind verhältnismäßig kurz und feuerfest ausg mauert; infolgedessen können sich keine störenden Graphi ansätze bilden. Die Destillationsgase werden im Vorlag stutzen durch einen kräftigen, fein zerstäubten Wasserstra abgeschreckt und treten dann mit 150 ° in die Vorlage ei in der Dickteeransätze durch die Spülung mit unverdamp tem, überschüssigem Einspritzwasser vermieden werden. D Gas wird dann in einem Wäscher im Gegenstrom mit u gekühltem Wasser von rd. 85 ° berieselt und so werden neb der Hauptmenge des Teers die nichtflüchtigen Ammonia verbindungen ausgeschieden. Durch dauerndes Abzieh einer bestimmten Menge an Waschwasser und Ersatz dur frisches wird das Wasser bis zu einer bestimmten Höhe Ammoniakverbindungen angereichert. Die abgezweig Lauge wird eingedampft, wobei ein leicht graues Salz m 28 vH NH_3 anfällt. Wegen des getrennten Auswaschens d nichtflüchtigen Ammoniakverbindungen kommt man in d Ammoniakfabrik ohne Kalkkolonne aus (Möglichkeit d Ausnutzung der Abwasserwärme, Wiederverwendung d Abwassers zum Auswaschen und Fortfall der Schwierigk ten einer Abwasserbeseitigung). Die Kokerei arbeitet i Regenerativbetrieb mit 55 vH Gasüberschuß. Die Schich leistung je Mann beträgt 32,2 t Koks.

[M 1894] Pr.

[1]) „Glückauf“ Bd. 64 (1928) S. 723.

Verbrennungsmotoren

Fachsitzung gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Essen 1928 [1]).

F. Schultz: „Entwurf eines Wagendieselmotors" — M. Seiliger: „Drehzahlerhöhung bei Fahrzeugmotoren" — F. Romberg: „Versuche mit Düsen für Dieselmotoren" — R. Pawlikowski: „Der Kohlenstaubmotor"

Die außerordentlich stark besuchte Sitzung wurde von .h. Reg.-Rat Prof. Romberg, Charlottenburg, mit einer ırzen Ansprache eröffnet, wobei er Prof. Nägel, der bis- :r immer diese Verhandlungen geleitet hatte, der aber ırch das Jubiläum der Technischen Hochschule Dresden rhindert war, für seine bisherige Tätigkeit den Dank der ersammlung ausdrückte. Gerade das Gebiet der Verbren- ıngsmotoren sei außerordentlich wichtig durch seine Be- ıutung für die Technik, durch die vielfältige Verwendbar- .it des Motors im Rahmen technischer Arbeit, aber auch ırch seine schwierigen Einzelfragen. Das rechtfertigt die eranstaltung regelmäßiger Fachsitzungen. Der Schnellauf n Dieselmotoren habe die Versammlung schon wiederholt schäftigt. Er ist für kleine, aber auch für große Diesel- ıschinen mit 6 m/s Kolbengeschwindigkeit und noch mehr elleicht wichtig, weil hier die Anschaffungskosten erst cht verbilligt werden. Auch im Schiffbau werde man ıch und nach zu höheren Kolbengeschwindigkeiten der rbrennungsmotoren übergehen müssen.

Dir. Dr.-Ing. Reinsch, Düsseldorf, sprach sodann ier Fortschritte der schnellaufenden, namentlich der kom- ıessorlosen Dieselmotoren. Der Vortrag erscheint dem- ıchst in dieser Zeitschrift. An den Vortrag schloß sich fgende Aussprache:

Entwurf eines Wagendieselmotors

Dir. F. Schultz, Köln: Beim Entwurf eines Wagen- dieselmotors muß man neben den üblichen konstruktiven (sichtspunkten sowie der Betriebsicherheit folgende Punkte f besonders wichtig halten:

1. dauernd gleichmäßige Lastverteilung auf die einzelnen Zylinder,
2. sicherer Leerlauf bei verminderter Drehzahl,
3. ruhiger Gang, besonders bei verminderter Drehzahl.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, entschied man sich bm Deutzer Wagendieselmotor für die Vorkammer und d Schrägnockenpumpe. Die Vorkammer, die zwecks Unterbringung großer Ventile seitlich gesetzt wird, was nh Versuchen nur günstig wirkt, erlaubt die Verwendung eir Brennstoffpumpe mit niedrigem Einspritzdruck, da d Verbrauch mit Steigerung des Einspritzdrucks sich nur wnig verbessert und die Leistung kaum zunimmt.

Abb. 1 zeigt die Abhängigkeit der Drucksteigerung in d Zündkammer vom Einspritzdruck der Düse. Sie verläuft v 70 at an fast konstant. Unterhalb 60 at liegt ein labiles Gbiet, wo die Versuchswerte streuen. Die Vorkammer gstattet ferner, sichere Zündungen im Leerlauf zu er- rehen, da sie in ihren Wänden eine gewisse Wärmemenge aspeichert und die in der Vorkammer verbrannte Brenn- stmenge auch bei Leerlauf stets ungefähr die gleiche ist. D ermöglicht auf Verwicklungen, wie Abstellen einzelner Zinder, Drosseln des Kühlwasserumlaufs oder Vorwärmen d Ansaugluft, zu verzichten.

Ferner hat sich bisher keine Grenze der Drehzahl bei Vwendung des Vorkammerverfahrens ergeben. Vermut- lic ist die durch die Gase der Vorkammer bewirkte Ein- stäbung des Brennstoffes in den Brennraum des Zylinders so vollkommen, daß sie auch sehr kurzen Brennzeiten ge- nügt. Die Vorkammer gestattet endlich, schwierige Brenn- stoe sehr einfach zu verarbeiten. Es geht auch nicht an, fü den Wagendieselmotor bestimmte, nur unter gewissen Bdingungen erhältliche, edlere Brennstoffe vorzuschreiben,

[1]) Aus Rücksicht auf den beschränkten Raum konnte die Aus- sprache nur stark gekürzt wiedergegeben werden.

Abb. 3 und **4**
Brennstoffpumpe des Deutzer Fahrzeugdieselmotors von 40 PS bei 1000 U/min.

Abb. 1
Abhängigkeit der Drucksteigerung in der Vorkammer vom Einspritzdruck bei Düsen von 0,4 bis 0,9 mm Dmr. Drehzahl 1000 U/min, Mitteldruck $p_e = 5{,}1$ at, Verdichtungsgrad $\varepsilon = 16$.

Abb. 2
Abhängigkeit des Brennstoffverbrauchs vom Inhalt der Vorkammer. Verdichtungsgrad $\varepsilon = 14$ bis 20; Düsen von 0,4 bis 0,6 mm Dmr.

Abb. 5
Gemessene Kolbenwege der Brennstoffpumpe für einen Sechszylindermotor.

da dieser Motor gerade die minderwertigen Rohöle für den Fahrbetrieb erschließen soll.

Eingehende Versuche betrafen ferner Feststellung des günstigsten Inhalts der Vorkammer. Abb. 2 zeigt die Abhängigkeit des Brennstoffverbrauchs vom Inhalt der Vorkammer, wobei allerdings die Verdichtung nicht konstant war. Hierbei ergab sich, daß der Brennstoffverbrauch, wie übrigens auch die Überlastbarkeit, günstiger wird, je größer die Düse ist, was wiederum auf das für Vorkammermotoren geltende Gesetz führt, daß der in die Vorkammer eingespritzte Brennstoffstrahl zusammengehalten werden soll.

Abb. 6
Abhängigkeit der Pumpenlieferung von der Motordrehzahl.
Nennleistung, Düse 0,7 mm Dmr., Einspritzdruck 75 at.

Das zweite Mittel, die oben erwähnten Bedingungen für einen Wagendieselmotor zu erfüllen, war die Wahl einer möglichst einfachen Brennstoffpumpe. Abb. 3 und 4 zeigen die Deutzer Schrägnockenpumpe, bei der außer dem Pumpenkolben nur je ein Saug- und ein Druckventil verwendet wird. Die Schrägnocken werden auch bei der Sechsfachpumpe aus einem einzigen Stück gefertigt. Die Pumpenrollen laufen ohne Spiel auf diesen Nocken, damit an der Pumpe nichts verstellt werden kann. Bei dem praktisch nachgemessenen Kolbenwegdiagramm einer solchen Pumpe für den Sechszylindermotor, Abb. 5, fällt zunächst auf, daß der Pumpenkolben im oberen Totpunkt fast 50 vH seines Hubes zurückgelegt hat. Die Genauigkeit des Kolbenweges ist außerordentlich groß. Die Hubkurven der übrigen Kolben sind nicht aufgezeichnet, da sie von den beiden gezeichneten umhüllt werden. Die Pumpen werden auf dem Prüfstand nur dann abgenommen, wenn der Unterschied zwischen dem am meisten und dem am wenigsten fördernden Kolben nicht mehr als 5 vH der Leerlaufmenge beträgt, was einer Genauigkeit von 0,0006 g entspricht. Es dürfte schwierig sein, eine solche Genauigkeit für die Dauer bei einer weniger einfachen Pumpenart zu erreichen. Ein weiterer Vorteil dieser Pumpe ist das Gleichbleiben des Liefergrads mit wechselnder Drehzahl, Abb. 6.

Aus Vorversuchen zur Entwicklung größerer schnellaufender Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung stammt Abb. 7. Das Diagramm zeigt, wie stark man den Einspritzdruck steigern muß, wenn bei Steigerung der Drehzahl Düse und Brennraum eines langsam laufenden Motors unverändert übernommen werden. Linie *a* zeigt, wie schnell der Einspritzdruck mit der Drehzahl zunimmt, wenn man den Brennstoffverbrauch von 180 g/PS_eh für die bei 300 U/min bewährten Verhältnisse einhalten will. Paßt man dagegen Düse und Brennraum der steigenden Drehzahl an, so nimmt der Einspritzdruck mit der Drehzahl nach Linie *b* nur mäßig zu. Es gelingt, auch diese Zunahme durch besondere Maßnahmen noch weiter zu verringern.

Drehzahlerhöhung bei Fahrzeugmotoren

Prof. M. Seiliger, Paris: Das Problem der Drehzahlerhöhung bei Fahrzeugmotoren ist ein Sonderfall der allgemeinen Forderung nach hoher Leistung, bezogen auf die Einheit des Gewichtes oder Hubvolumens, die sich aus den Forderungen des Fahrzeugbaues ergibt. Die hohe spezifische Leistung ist aber weder unentbehrlich, noch unbestreitbar notwendig. Als Beispiel diene der Schiffsdieselmotor, für den man vor 25 Jahren Mindestgewichte forderte, heute aber als überflüssig, wenn nicht gar schädlich ansieht; ferner sei auf die Anwendung der Gaserzeuger oder auf den Dampfbetrieb für Lastkraftwagen verwiesen; schließlich kommt es nicht so sehr darauf an, das Gewicht des Motors, sondern das der gesamten Kraftanlage zu vermindern, z. B. könnte man durch den Fortfall des Wechselgetriebes, das 30 bis 40 vH des Motorgewichtes beansprucht, und durch Ausbildung eines Dieselmotors, der bei jeder Drehzahl zwischen 100 und 25 bis 30 vH seine Höchstleistung abzugeben imstande wäre, und dadurch das Drehmoment bzw. die Zugkraft stetig erhöhen könnte, das Gewicht der Anlage bezogen auf 1 PS Leistung ohne höhere spezifische Leistung des Motors um rd. 30 vH vermindern.

Da die spezifische Leistung eines Motors dem Produkt aus Drehzahl und mittlerem Kolbendruck verhältnisgleich ist, so wäre es das einfachste, die Drehzahl zu erhöhen; aber wie meine Versuche über schnellaufende Schiffsdieselmotoren im Jahre 1911 und neuerdings die von Prof. Neumann über Fahrzeugmotoren gezeigt haben, ist der mittlere Kolbendruck von der Drehzahl nicht unabhängig. Von einer gewissen Drehzahl ab sinkt der mittlere Kolbendruck beim klassischen Dieselmotor, unabhängig davon, ob man das Einblase- oder das Einspritzverfahren benutzt. Bei dieser Drehzahl hat also die spezifische Leistung einen Höchstwert. Die Geschwindigkeit der Verbrennung würde an sich gestatten, die Drehzahl wesentlich zu steigern; dagegen steht die Ver-

Abb. 7
Abhängigkeit des Einspritzdruckes von der Drehzahl bei einem Dieselmotor mit Strahlzerstäubung.
a Düse und Brennraum unveränderlich
b „ „ „ veränderlich.
Mitteldruck $p_e = 5{,}2$ at.

schlechterung des Füllungsgrades bei höheren Drehza der Erhöhung des mittleren Kolbendruckes im Wege. Verschlechterung des Füllungsgrades kann man durch laden begegnen, sei es, daß man den mittleren Kolbend über den üblichen steigert, oder daß man nur vollkomn Füllung der Zylinder anstrebt.

Unter diesen Umständen könnte man durch weitere gerung der Drehzahl, wie bei den Benzinmotoren, also zu rd. 4000 U/min, ohne Einbuße am mittleren Kolbendr die spezifische Leistung des Fahrzeug-Dieselmotors so h wie bei den Benzinmotoren treiben. Dabei würde der Di motor mit Aufladen und 25 bis 30 vH Luftüberschuß, Benzinmotor ohne Aufladen und ohne Luftüberschuß arbe wobei sich bei gleichen Hubräumen — theoretisch — gleiche mittlere Kolbendruck ergeben würde.

Nun wird man sogleich auf die Wärmebeanspruchur aufmerksam machen. Diese Furcht vor den Wär beanspruchungen war aber nur solange begründet, als die Ursachen der Kolben- und Deckelrisse, des Kol einfressens usw. weder verstand, noch beseitigen konnte. Arbeiten von Nußelt haben hier wesentliche Aufklärur gebracht, und es gibt einen einfachen Weg, Wär spannungen zu vermeiden, in ähnlicher Weise, wie man die Zylinderwände von Zugspannungen entlastet, indem die Zylinderdeckel durch Ankerbolzen mit den Grundrah verbindet. Daß beim Dieselmotor trotz des größeren L überschusses, also trotz der niedrigeren Verbrennungst peraturen, höhere Wärmebeanspruchungen als bei dem zinmotor von gleich hohem mittleren Kolbendruck auftre liegt aber nicht an dem Aufladeverfahren; denn die suche von Stodola an dem Dieselmotor mit Büchischer ladung haben im vollen Einklang mit der Theorie gez daß auch bei mittleren indizierten Kolbendrücken von 10 und nutzbaren Kolbendrücken von 8,7 at keine höh Wärmebeanspruchungen als bei dem klassischen nutzb Kolbendruck von 5 at auftreten. Die Abgasturbine s bei diesem Verfahren nur eine Nebenrolle; man könnte, Wirtschaftlichkeit und Wärmebeanspruchungen anbetr ohne Abgasturbine sogar bessere Ergebnisse erzielen.

Um die wirklichen Ursachen der Wärmebeanspruch gen zu erkennen, muß man den Verbrennungsvorgang seinem vollen Umfang durch eine sozusagen kinem graphische Verzögerung der sonst zu schnell aufeinan folgenden und scheinbar gleichzeitig verlaufenden Ersc nungen in seine Einzelteile trennen. Der Brennstoff w in den Verbrennungsraum, der heiße frische Luft entl eingespritzt; er zerstäubt, erwärmt sich auf die Zünd peratur und verbrennt. Einspritzen, Zerstäuben und wärmen auf die Zündtemperatur sind einfache und k Vorgänge; das Verbrennen ist aber weder das eine das andre.

Ist der Verbrennungsraum zum Teil mit verbran Gasen und zum Teil mit Frischluft gefüllt, Abb. 8, und die Durchschlagkraft des Brennstoffstrahls so gering, daß Brennstoffnebel nicht über den Bereich der verbrannten hinausgelangt, so kann keine Verbrennung eintreten. dagegen die Durchschlagkraft größer oder liegt die schicht näher an der Brennstoffdüse, Abb. 9, so erhält eine kräftige Verbrennung. Werden schließlich frische

Abb. 8 und **9**
Schichtung von Luft und Neutralgasen im Verteilungsraum

und verbrannte Gase durcheinandergewirbelt, so erhält man eine Verbrennung nur bei gewissem Frischluftgehalt, je nach der Beschaffenheit der verbrannten Gase.

Im Dieselmotor beginnt die kräftige Verbrennung in einem gewissen Abstande von der Düse. In dem Verdichtungsraum gibt es zuerst genug frische Luft; aber sofort bildet sich eine Zone verbrannter Gase, in der die Wirbelung die verbrannten Gase abführen und durch Frischluft ersetzen muß; sonst entfernt sich die Brennzone von der Düse, wenn die Durchschlagkraft des Brennstoffstrahles groß genug ist, oder sie nähert sich der Düse, da infolge der hohen Temperaturen die Brennstofftröpfchen früher zündfertig werden.

Daneben bilden sich örtliche Brennstellen, die durch natürliche oder künstliche Wirbelung hervorgerufen werden. Wie sich diese Nebenbrennstellen im Zylinder verteilen, und wie schnell dort die Verbrennung vor sich geht, das sind Fragen, die wir heute noch nicht beantworten können. Brennstofftröpfchen, die im Bereich der verbrannten Gase zündfertig werden, entzünden sich zunächst nicht; später können sie in eine Zone gelangen, wo es frische Luft gibt, und verbrennen. Hieraus folgt, daß sich die Verbrennung noch lange in den Expansionshub hineinzieht und bis zum Ende der Expansion fortsetzt.

Dieses Nachbrennen ist kennzeichnend für den heutigen Dieselmotor mit oder ohne Lufteinspritzung, und es ist die Ursache der großen Wärmebeanspruchungen; merkwürdigerweise ist das Nachbrennen um so größer, je größer der Luftüberschuß ist. Bei Vergasermotoren wird jedes Brennstofftröpfchen mit Luft umhüllt; daher verläuft die Verbrennung jedes Tröpfchens unter den gleichen Bedingungen, und zwar ungefähr wie in der Bombe, also mit dem unvermeidlichen Maß des Nachbrennens.

Um also bei schellaufenden Fahrzeug-Dieselmotoren das Nachbrennen und damit die Wärmebeanspruchungen zu verringern — denn die Nachbrennwärme steigert hauptsächlich die Wärmebeanspruchungen —, muß man den Luftüberschuß möglichst verkleinern. Anderseits soll aber, wenigstens bei der heute üblichen Führung der Verbrennung, der Luftüberschuß möglichst groß sein, da der Brennstoff in einer veränderlichen Atmosphäre verbrennt, die sich durch zunehmende Abgasmenge und abnehmende Frischluftmenge kennzeichnet, und die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens von Frischluft und Brennstoff um so größer wird, je größer der Luftüberschuß und je kräftiger die Wirbelung ist.

Die Wirbelung kann aber auch schlechte Wirkungen haben; denn es ist nicht ausgeschlossen, daß ein Brennstofftröpfchen gerade durch die Wirbelung in eine Zone verbrannter Gase gelangt und damit seine Verbrennung verzögert wird. Je schneller der Motor läuft, und je kürzer deshalb die Brennzeit sein muß, desto schwieriger wird es, das Zusammentreffen von Luft und Brennstoff zu beherrschen, desto größer also die Wahrscheinlichkeit des Nachbrennens.

Das übliche Verbrennungsverfahren in Dieselmotoren ist insofern willkürlich und unvollkommen; ein insbesondere für schnellaufende Fahrzeug-Dieselmotoren geeignetes Verfahren müßte fein zerstäubte und zündfertige Brennstofftröpfchen möglichst ohne Luftüberschuß mit reiner Luft in der Verbrennungszone zusammentreffen lassen, die Abgase sofort abführen und die Verbrennung in der Nähe des Totpunktes schnell beendigen. Da der Brennstoff allmählich eingeführt wird, so müßte dementsprechend auch die Luft allmählich in derselben Zeit eingeführt werden, in der sich die Verbrennung vollzieht.

Abb. 10 stellt eine Teillösung dieser Aufgabe dar, wobei der Verdichtungsraum von dem Zylinder getrennt ist. Die Brennstoffdüse *a* mündet in den Verbindungskanal *b* der beiden Räume, so daß bei Beginn der Expansion verdichtete Luft aus dem Verdichtungsraum *c* der Düse zufließt und stets frische Luft zur Brennstelle gelangen kann. Allein bei dieser Anordnung kann man nicht vermeiden, daß die bei der Zündung entstehende Druckwelle den Austritt der Luft aus dem Verdichtungsraum stört und dagegen verbrannte Gase in den Verdichtungsraum drückt, so daß die Verbrennung mit

Abb. 10
a Brennstoffdüse
b Verdichtungskanal
c Verdichtungsraum

Abb. 11
a Verdichtungsraum *b* Verbindungskanal zum Brennraum *c* Kolben *d* Schiebewand *e* Zerstäuber

Abb. 10 und **11**
Vorschläge für getrennte Verdichtungsräume.

Unterbrechungen stattfindet; ferner findet die Verbrennung bei abnehmendem Druck, also sehr langsam statt; endlich müßte der Verdichtungsraum sehr groß sein, damit in der kurzen Brennzeit die nötige Luftmenge ausfließt und sich die Verbrennung nicht in den Expansionshub erstreckt.

Eine bessere Lösung stellt Abb. 11 dar; hier ist der Gedanke der Trennung des Verdichtungsraumes vom Verbrennungsraum mit dem zwangläufigen Austritt der Brennluft verbunden. In den Verdichtungsraum *a*, der mit dem Brennraum durch einen oder mehrere Kanäle *b* verbunden ist, befindet sich ein Kolben *c*, der gesteuert wird. Unmittelbar vor der Zündung steht der Kolben *c* oben, wobei der Verdichtungsraum mit verdichteter Luft gefüllt ist. Während der Verbrennung senkt sich dann der Kolben bis an die Scheidewand und führt so Frischluft durch die Kanäle *b* der Brennstelle zu, während der Zerstäuber *e* Brennstoff zuleitet, derart, daß Brennstoff- und Luftzufuhr zeitlich und mengenmäßig in eine genaue Übereinstimmung gebracht werden.

Die Abgase werden von der Brennstelle durch die Bewegung des Verdrängerkolbens *c* und durch die verdrängende Wirkung der Frischluft abgeleitet, so daß während der Verbrennung nur frische Luft und frischer Brennstoff der Brennzone zufließen. Der Luftüberschuß kann dabei weitgehend vermindert und sogar auf null herabgesetzt werden.

Den Hub des Verdrängerkolbens kann man auch veränderlich machen, um, z. B. für das Anlassen, den Verdichtungsraum zu verkleinern oder, z. B. für das Aufladen, zu vergrößern.

Versuche mit Düsen für Dieselmotoren

Prof. F. Romberg, Charlottenburg: Bei kompressorlosen Dieselmaschinen mit hoher Drehzahl ist die Zeit für das Einspritzen sehr kurz. Unter Umständen sogar so kurz, daß es fraglich wird, ob sie ausreicht, um den Brennstoff rechtzeitig über den Verbrennungsraum des Zylinders zu verteilen. Benutzt man z. B. die Strahlzerstäubung, so ist der Fall denkbar, daß der aus der Düse austretende Brennstoffstrahl in der verfügbaren Zeit den Weg von der Zylindermitte bis in die Nähe der Zylinderwandung nicht durchmessen kann. Dann wird die Gemischbildung notwendig mangelhaft. Sie ist ohnehin gegenüber dem eigentlichen Dieselverfahren benachteiligt durch das Fehlen der Einblasluft. Denn die Druckluft bewirkt nicht nur eine günstige Zerstäubung, die man erfahrungsgemäß auch ohne Luft allein mit entsprechend hohem Flüssigkeitsdruck in der Brennstoffpumpe erreichen kann. Vielmehr hat sie außerdem den vielleicht noch wichtigeren Vorteil besserer Verteilung des Brennstoffs, indem sich die Luft beim Eintritt in den Zylinder entspannt und nach allen Richtungen über den Verbrennungsraum verbreitet, wobei sie den Brennstoff mitreißt. Zerteilung und Verteilung sind also beim Einspritzen mit Druckluft eins.

Die Einspritzzeit ist bei kompressorlosen Motoren leicht zu berechnen. Nach der Erfahrung an ausgeführten Motoren beträgt der Kurbelwinkel, der der Einspritzdauer entspricht, 15 bis 20 °, im Mittel 18 °. Dieser Winkel entspricht der Zeit von $\frac{18}{6\,n} = \frac{3}{n}$ s, wenn n die minutliche Drehzahl des Motors bezeichnet. Bei 1500 U/min, für die man Wagenmotoren bereits mit Erfolg gebaut hat, beträgt die Einspritzdauer somit 0,002 s. Nach dem Beispiel der Leichtölmotoren werden wir aber auch hier mit noch höheren Drehzahlen, 3000 U/min und mehr, rechnen müssen. Bei 3000 U/min beträgt die Einspritzzeit nur 0,001 s. Die entscheidende Frage ist: Wie tief dringt der Brennstoffstrahl

Abb. 12
Versuchsanordnung zur kinematographischen Aufnahme von Brennstoffstrahlen in verdichteter Luft
a Einspritzkammer *b* Einspritzventil *c* Sicherheitsventil *d* Bogenlichtelektroden *e* Parabolspiegel *f* Filmkammer *g* Elektromotor

in dieser kurzen Zeit unter den Verhältnissen der Dieselmaschine in den Brennraum ein, der mit hochverdichteter Luft gefüllt ist? Die Abhängigkeit zwischen Strahltiefe und Einspritzzeit ist zu untersuchen, wobei die Veränderlichkeit des Einspritzdrucks, des Gegendrucks im Zylinder, des Durchmessers der Brennstoffdüse, des spezifischen Gewichts des Brennstoffs usw. zu berücksichtigen ist.

Die Aufgaben, die sich hier auftun, sind nicht nur auf dem Wege des Versuchs zu ergründen. Man hat schon wiederholt Versuche dieser Art angestellt[2]). Die jüngsten hat die AEG-Turbinenfabrik, ähnlich wie Miller und Beardsley, auf kinematographischem Weg als Vorarbeit für den Bau ihrer großen doppeltwirkenden Zweitakt-Schiffsölmaschinen durchgeführt. Trotz der Verschiedenheit im Endzweck sind die Grundlagen der Versuche gleich. Hat man bei den langsamlaufenden Schiffsmaschinen verhältnismäßig lange Zeit für das Einspritzen zur Verfügung, so muß wegen der großen Zylinder die Strahltiefe erheblich sein. Bei schnellaufenden Motoren hat man dagegen kleine Zylinderdurchmesser und entsprechend geringe Strahltiefen, dafür sind die Einspritzzeiten um so kürzer.

Das Höchstmaß an Schwierigkeiten ist zu erwarten, wenn man große Strahltiefen und kurze Einspritzzeiten verlangt, also bei schnellaufenden großen Maschinen. Noch stehen im Motorenbau Schnellauf und große Abmessungen in gewissem Widerspruch miteinander, aber es ist schon jetzt ein dringendes Bedürfnis, Maschinen von hoher Leistung auch für hohe Drehzahlen zu bauen.

Versuchseinrichtung

Die Einrichtung der AEG ist für Strahllängen bis 40 cm, entsprechend Zylindern von 80 bis 90 cm Dmr., geeignet. Sie besteht aus einem photographischen und einem elektrischen Teil. Den photographischen zeigt Abb. 12. Darin ist *a* die Einspritzkammer aus Stahlguß, die an beiden Längsseiten mit 60 mm dicken Platten aus optischem Glas versehen ist. Sie kann durch eine im

[2]) Riehm, Z. Bd. 68 (1924) S. 641; H. E. Miller und E. G. Beardsley, Spray penetration with a simple fuel injection nozzle. Washington 1926.

Abb. 13
Hochspannungsanlage für Funkenphotographie, Schaltbild.

Abb. 14
Filmaufnahme eines Ölstrahles in verdichtetem Stickstoff. Öldruck 560 at, Gasdruck 21 at.

Bild nicht sichtbare Leitung mit Druckluft oder Druckga von verschiedenen Spannungen gefüllt werden. Das Ein spritzventil *b* kann verschiedene Größe haben und ist s angeordnet, daß der Brennstoffstrahl genau zwischen de Glasplatten verläuft. Vor zu hohen Drücken ist die Ein spritzkammer durch ein Sicherheitsventil *c* geschützt, wa beim Auffüllen der Kammer mit Druckluft oder Druckga notwendig ist.

Für die Beleuchtung des Brennstoffstrahls durch die Glas platten hindurch sind die Elektroden *d* vorgesehen. Da Licht des überspringenden Funkens wirft der Parabol spiegel *e* durch die Glaswände der Spritzkammer und de Brennstoffstrahl in das Objektiv der Filmkammer *f*. Dere Trommel wird durch einen Elektromotor *g* mit veränder licher, hoher Drehzahl angetrieben. Da der Verschluß de Objektivs schon abgenommen sein muß, bevor der Funke überspringt, muß man Spritzkammer, Spiegel und Film trommel in einer Dunkelkammer unterbringen.

Der elektrische Teil der Versuchsanordnung, Abb. 1 besteht aus einer Hochspannungsanlage zur Erzeugung de Funken, die von Dipl.-Ing. Roßmann im Institut fü Technische Physik an der Technischen Hochschule Berli ausgearbeitet worden ist. Ein Transformator spannt de Netzstrom von 220 V auf 30 000 V um, und der hochgespannt Wechselstrom wird mittels einer Röhre in Gleichstrom un gewandelt, der über den Hauptschalter und den Verteile Leidener Flaschen lädt. Die Flaschen entladen sich übe einen umlaufenden Schalter, den ein Elektromotor mi Drehzahlen bis zu 10 000 U/min antreibt. Vom Schalte führt die Hochspannungsleitung zur Funkenstrecke un weiter über einen Zeitschalter, der das Überspringen de Funken mit dem Druckhub der Brennstoffpumpe synchron siert, zu einem selbsttätigen Schalter, der auf das Saug ventil der Brennstoffpumpe wirkt.

Die beschriebene Schaltung ermöglicht nur einen ein zigen Brennstoffstrahl, und zwar gleich den ersten übe haupt entstehenden, aufzunehmen. So wird vermieden, da die Luft in der Spritzkammer durch die Strahlen in Be wegung gerät und das Ergebnis fälscht.

Versuchsergebnisse

In Abb. 14 ist nach amerikanischen Versuchen d Aufnahme eines Brennstoffstrahles, der mit 560 at in Stick stoff von 21 at eingespritzt wurde, wiedergegeben. Für de Vergleich mit dem Dieselmotor sei bemerkt, daß 30 at Ve dichtungsdruck bei 550 ° etwa der Dichte von kalter Lu von 10 at entspricht.

In Abb. 15 sind Versuchsreihen mit verschiedenen Ein spritz- und Gegendrücken ausgewertet. Deutlich tritt di starke Bremswirkung der Verdichtung hervor. Nach diese Versuchsergebnissen betragen bei 300 at Einspritzdruck un

Abb. 15
Strahltiefen von Gasöl in verdichtetem Stickstoff.

Abb. 16
Aufnahmen eines Brennstoffstrahles.
300 at Pumpendruck; 12,5 at Gegendruck;
Belichtungsdauer rd. 10^{-6} s.

0 at Gegendruck die Strahlwege nach 0,002 s rd. 10 cm, nach ,001 s nur rd. 6 cm. Die Strahlen bilden fast regelmäßige Kegel, und ihre Reichweite wächst mit steigendem Einpritzdruck erheblich; eine Grenze, von der ab die Reichveite vom Druck unabhängig wäre, ist nicht erkennbar.

Von den Ergebnissen der Versuche in der AEG-Turinenfabrik zeigt Abb. 16 einen vergrößerten Strahl bei 00 at Einspritzdruck und 12,5 at Gegendruck. Die Bechtungsdauer kann 0,000001 s betragen haben. Hinter em Strahl sind undeutlich die Messingdrähte zu erkennen, ie die Funkenstrecke tragen, und zwischen den Drähten n Glasröhrchen mit ausgezogener Spitze, durch das wähnd der Aufnahme Druckluft gegen den Funken geblasen ird, um die Metalldämpfe zu entfernen und Nachentladunn zu verhindern. Der Strahl zeigt ähnliche Formen wie e Luftschlieren bei fliegenden Geschossen. Nicht alle ine Teile haben gleiche Geschwindigkeit: voraus bewegt ch scheinbar der Kern, und die Seitenteile bleiben etwas rück. Die Messungen gelten nur für die Strahlspitze, die e größte Geschwindigkeit hat; die mittlere Geschwindigit des Strahls ist etwas niedriger.

In Abb. 17 sind die Strahlwege als Ordinaten über den iten als Abszissen aufgetragen.

Man erkennt, wie rasch die Strahlgeschwindigkeit abmmt; sie beträgt im Augenblick 150 bis 180 m/s, aber ch weniger als 0,001 s nur noch 60 bis 70 m/s. Nach 0,002 s trägt der Strahlweg erst 10 cm, und die Geschwindigkeit i schon auf rd. 30 m/s gesunken.

Die Versuche sollten zeigen, ob es möglich sei, mit dem ennstoffstrahl bei gegebenen Nockenformen, Düsen und den rmalen Pumpendrücken große Strecken zu durchschlagen. s ist auch wirklich der Fall. Die Zylinder der AEG-oßölmaschinen, die für die Hamburg-Amerika-Linie geit werden, haben 700 mm Dmr. Die Maschinendrehzahl rägt 90 U/min, die Einspritzdauer, entsprechend 18° rbelwinkel, $^1/_{30}$ s. Aus Abb. 17 geht hervor, daß der ahl den halben Zylinder (35 cm) schon nach 0,018 s rchschlagen hat, d. h. wesentlich schneller, als erforderh ist.

Weitere Versuche wurden mit einer Anordnung ausührt, die einer offenen Düse nahekommt. Zwar war Brennstoffventil für 300 at Öffnungsdruck vorhanden, r zwischen Brennstoffventil und Düse hatte man eine 6 lange Druckleitung eingeschaltet, die auf 3 m Länge m und in der andern Hälfte 3 mm Dmr. hatte. Dieser nderversuch betraf die untere Seite der doppeltwirkenden eitaktmaschine. Er ergab eindeutig eine geringere Durchschlagskraft des Brennstoffstrahls; die Strahlwege betragen nur rd. 60 vH derjenigen, die sich bei Benutzung eines Brennstoffventils unmittelbar vor der Düse ergeben. Dieses Ergebnis drängt zur Vorsicht in der Anwendung offener Düsen bei kompressorlosen Großdieselmotoren, insbesondere von raschlaufenden.

Abb. 18 zeigt Strahlwege und Strahlgeschwindigkeiten für verschiedene Gegendrücke. Die Versuche ergaben bei 10 at Gegendruck nach 0,002 s 15 cm Strahlweg und rd. 40 m/s Geschwindigkeit der Strahlspitze. Höhere Werte wurden nie beobachtet, jedenfalls nicht bei Düsen von 0,57 mm Dmr. und 300 at Einspritzdruck.

Man kann fragen, ob man nicht längere Strahlen durch Vergrößern der Strahldicke erreichen könnte. Daß die Durchschlagskraft mit der Strahldicke wächst, zeigt schon der Vergleich von Abb. 18 mit Abb. 15. Bei raschlaufenden Motoren mit großen Zylindern könnte man also ausreichenden Durchschlag der Strahlen erreichen, indem man wenige dickere Strahlen verwendet und, um die Gemischbildung nicht zu verschlechtern, für eine raschere Bewegung der Luft sorgt. Man könnte ferner den Verdichtungsdruck herabsetzen. Allerdings liefe man dabei Gefahr, wenigstens beim Anlassen, die Selbstzündungstemperatur nicht zu erreichen.

Der Kohlenstaubmotor

Dipl.-Ing. R. Pawlikowski, Görlitz: Der Brennkraftmotor hat seine Zusage von 1893 nicht erfüllt. Er arbeitet nur mit Öl, nicht aber mit Kohle. Deshalb blieb er auf verhältnismäßig kleinere Leistungen eingeengt und die Dampfkraft behauptet trotz ihrer schlechten Wärmeausnutzung das Feld von etwa 1000 PS aufwärts. Die tüchtigsten Ingenieure mühen sich, dem Ölmotor neue Anwendungen zu erobern, aber mit nur mäßigem Erfolg.

Zu seinem Schaden hat der Dieselmotor den Ehrgeiz aufgegeben, seine unübertroffene hohe Wärmeausnutzung auch für Kohle und gegenüber der Dampfmaschine durchzusetzen. Seine andern Vorzüge können nur auf kleinem Absatzfeld das teure Treiböl wettmachen. Gleiche Heizkraft von Öl kostet in Deutschland 5- bis 7mal und selbst im Ölland Amerika 2- bis 4mal soviel als von Kohle. Man verflüssigt schon im großen die Kohle, um sie in Brennkraftmaschinen nutzbar machen zu können. Der direkte Weg, die Verbrennung im Motor, wäre aber der billigste. Alle Versuche dieser Art blieben bisher ohne Erfolg; daher die allgemeine Ansicht, ein Kohlenstaubmotor sei unmöglich, mindestens aber unwirtschaftlich.

Die Maschinenfabrik Kosmos in Görlitz hat 1911 Forschungen hierüber begonnen, erhielt aber erst 1916 gute Kohlenstaubzündungen, und zwar an einem stehenden Einzylinder-Viertakt-Dieselmotor der MAN, Abb. 19, von 420 mm Zyl.-Dmr., 630 mm Hub, 160 U/min, für 80 PS Nennleistung, der 1906 in Augsburg erbaut war. Bis 1916 hatte er eine chemische Fabrik betrieben und sich dabei schon um rd. 1 mm im Zylinder oben erweitert. Diese Maschine wurde für Kohlenstaubbetrieb umgebaut. Es wurde erreicht, daß sie ohne Ansatz von Asche oder Schlacke im Innern der Maschine und mit wirtschaftlich erträglicher Abnutzung allein mit Kohlenstaub oder nur mit Öl oder mit Kohle und Öl betrieben werden kann.

Nach nunmehr etwa 9000 Betriebstunden mit Kohle hat sich der Zylinder oben um rd. 5 mm auf 425 mm Durchmesser ausgeweitet, am unteren Teil der Zylinder-

Strahltiefe
Geschwindigkeit
Düsen-Dmr. 0,57 mm
Düsenlänge l = 4 d
spez. Gew. des Brennst. 0,87 kg/l
Zeit
Strahlgeschwindigkeit
RZ 1634 Z 17

Abb. 17
Strahltiefe und Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit.
Einspritzdruck 300 at; Luftdruck 15 at

Gegendruck 0
Strahltiefe
Düsen-Dmr. 0,57 mm
Einspritzdruck 300 at
spez. Gew. des Brennst. 0,87 kg/l
Düse ohne Drall (l = 4 d)
Zeit
Strahlgeschwindigkeit
RZ 1634 Z 18

Abb. 18
Einfluß des Gegendruckes auf die Durchschlagskraft von Brennstoffstrahlen.

büchse von 420 mm Dmr. sind aber noch die ursprünglichen Drehriefen zu erkennen. Die Büchse ist noch nicht nachgebohrt worden; auch arbeitet noch der erste Kolben im Motor; nur die Kolbenringe wurden mehrfach erneuert. Trotzdem erreicht die Maschine noch heute rd. 30 at Verdichtung und kann im Dauerbetrieb die Fabrik antreiben. Auf Grund der neuen Erkenntnisse wurden ein liegender 40pferdiger Deutzer Dieselmotor und ein 25pferdiger stehender Zweitakt-Glühkopfmotor für Betrieb mit Kohle allein, oder mit Kohle und Öl oder mit Öl allein umgebaut und weitere Umbauten in Arbeit genommen.

Der 80pferdige Motor ist während der zwölf Jahre im Dauerbetrieb mit Pulver von Steinkohle aus Oberschlesien, Niederschlesien und Rheinland gelaufen; ferner mit Braunkohlenstaub aus Mitteldeutschland, Schlesien und Böhmen; mit Torf aus Oberbayern; mit Holzmehl, Holzkohle, Reishülsenstaub, mit Getreidemehl und sogar mit Hüttenkoks.

Der Kohlenstaub muß dabei so fein sein wie bei der Kohlenstaubfeuerung von Kesseln und Lokomotiven, um so feiner, je feuchter, gasärmer und aschenreicher die Kohle ist. Unsre Forschungen ergaben, daß sich auch schwer anbrennende Kohlen verbrennen lassen, wenn man sie durch Zündöl oder billiger durch Zündkohle durchzündet. Auch magere Steinkohle mit 16 vH Asche ließ sich verwenden, wenn man 80 vH davon und 20 vH Braunkohlenpulver mischte. Diese Ergebnisse wurden im März 1926 Prof. Dr. Bosch, dem Schöpfer des Leunawerkes, in Görlitz vorgeführt, nachdem schon im November 1923 drei Führer dieses Werkes den Braunkohlenmotor im Laufen bei uns studiert hatten. Bisher haben rd. 300 Fachleute, darunter als einer der ersten 1922 der verstorbene Prof. Dr. Klingenberg, den Motor besichtigt.

Der Motor kann mit den genannten Brennstoffen angelassen werden, Abb. 20, und erreicht bei Betrieb mit Kohle bis zu 120 PS; noch vor kurzem hat er trotz der Abnutzung 110 PS an der Bremse ergeben. Das entspricht 7,7 at wirksamem Mitteldruck. Bei den Versuchen mit verschiedenen Kohlen und etwa 500 Düseneinrichtungen haben wir bis zu 11,3 at indizierten Mitteldruck bei nur 3,6 at am Ende der Expansion erzielt. Die Kohlenwärme wird also hier ebenso gut wie im Dieselmotor die Ölwärme in Arbeit umgesetzt. Die festen Kohlenstaubteilchen dringen anscheinend in die auf 30 at verdichtete Luft des Arbeitzylinders mit größerer Energie, also tiefer als die Ölnebeltröpfchen ein, die dabei verdampfen und zerfasern.

Durch geeignete Bauart kann man ferner erreichen, daß die Aschenteilchen getrennt voneinander in der Arbeitsluft schweben bleiben, ohne zusammenzubacken oder sich am Kolben, am Zylinder, an den Ventilen oder in dem Schleusenraum in größeren Stücken anzusetzen. Sie fliegen dann mit dem Auspuff ins Freie. Bei 87 PS Nutzleistung verbraucht der Motor 36 kg/h Braunkohle, die als Staub 0,47 ℳ kosten und rd. 10 vH = 3600 g Asche enthalten. Jeder Zündhub wirft also nur rd. 0,86 g Asche in je 100 l Hubrauminhalt des Arbeitzylinders. Der Auspuff ist frei von brennbaren Stoffen und ein leichter brauner Aschenhauch. Er hat eine wenig abstehende 10 m hohe Fabrikwand seit 1917 noch nicht

Abb. 19. Stehender einzylindriger Viertakt-Dieselmotor der MAN für 80 PS Nennleistung bei 160 U/min.

berußt oder geschwärzt. Im Auspuff findet sich kein Te auch nicht im Öl, das von der Kolbenschmierung abläuft.

Über die Bauart ist kurz folgendes zu sagen: Die A gabe ist, die für den nächsten Hub nötige Kohlenstaubmer sicher vom Regler abzuteilen und in die Arbeitsluft von 30 hineinzuschleudern. Zur Lösung wird vor den Arbeitzyl der ein Schleusenraum, Abb. 21, eingebaut; dieser wird e lüftet, bei Niederdruck mit Kohle gefüllt, dann nach au abgeschlossen, mit Druckluft geladen und nach dem Arb zylinder hin ausgeblasen. Der Überdruck des Schleus raumes, der die Kohle herauswirft, kann durch Einblasel oder durch Teilvorzündung im Schleusenraum erze werden.

In Abb. 22 und 23 sind je 50 Zündungen übereinan in Anwesenheit von Prof. Dr. Haeusser, Dortmund, a geschrieben als Beweis dafür, wie genau die kleinen Kohl pulvermengen in der Maschine vom Regler abgeteilt u gezündet werden.

Der Schleusenraum läßt sich geschlossen oder offen a bilden, also mit oder ohne Ausblaseventil nach dem Zylin zu. Beide Arten haben wir mit Erfolg erprobt. Die off Schleuse ist einfacher und macht sich den Umstand zunu daß in dem zu beschickenden Zylinder schon der Wechs druck auftritt, so daß der Unterdruck während des Ans gens den Schleusenraum mit der abgeteilten Kohlenpulv Emulsion beschickt. Die offene Schleuse läßt die Zylind luft schon während des Verdichtens zur Schleusenk

Abb. 20 Anlassen mit Druckluft, dann Zündungen mit Ilse-Braunkohlen-Pulver bis zum Leerlauf mit 160 U/min. bis 58 at Einblaseluftdruck.

Abb. 22 50 Zündungen übereinander mit Braunkohlenpulver, 60 at Einblaseluftdruck; 26. Sept. 1927. Der Motor treibt die Fabrik.

Abb. 23 50 Zündungen übereinander mit Braunkohlenpulver und Selbsteinblasung; 26. Sept. 1927. Der Motor treibt die Fabrik.

Abb. 21
Ansicht der Schleusenkammer.

eten. Dadurch gewinnt man eine längere Zeitspanne zum orbereiten der Kohle für die Zündung.

Der Kohlenstaubmotor empfiehlt sich daher auch für n Schnellauf. Er verdichtet im Gegensatz zum Dieselmotor uft und Brennstoff gleichzeitig, hält jedoch beide bis zur indung getrennt. Er verbessert also das Dieselverfahren undsätzlich, weil bei diesem das Öl in Bruchteilen eines schinentaktes erhitzt und auch entzündet werden muß. r die gleichen Vorgänge bietet der neue Kohlenstaub- otor mindestens einen vollen Maschinentakt, also die 10- 15-fache Zeit. Da sich der Motor auch mit Öl betreiben ßt und bei geeigneter Bauart ohne Einblaseluft arbeitet, nnen diese Ergebnisse auch für schnellaufende Ölmotoren deutungsvoll werden.

Einige Worte über die Schmierung: Zwischen Zylinder d Kolben kann bei 40 at Zünddruck keine Asche treten, nn man reine Luft mit rd. 60 at zwischen die Kolbenringe bläst und deren Hohlräume ausfüllt, kurz bevor die Zün- g einsetzt und Asche im Zylinder entsteht. Mit dieser lbendichtung hat der 80 PS-Motor jahrelang gut gearbeitet. n 1916 bis 1924 ist der Motor noch mit den ersten Kolben- gen gelaufen, die 1906 eingebaut waren; bis dahin hatte h der Zylinder um rd. 2 mm ausgelaufen. Später haben wir lbenschmierungen ohne Druckluftabdichtung ausgebildet d auch einfachere Lösungen gefunden. Der Motor ver- ucht mehr Schmieröl als ein Dieselmotor, weil es vorteil- t ist, im Betrieb die eingedrungene Asche gleichsam mit Ö vom Kolben abzuwaschen. Das gebrauchte Schmieröl mmt schwarz aus dem Motor, läßt sich aber ausschleudern d wieder verwenden. Sachverständige einer unsrer ersten chinenfabriken haben in mehrtägigen Versuchen an dem or bei der Nennleistung rd. 6 g/PS_eh Schmierölverbrauch 2000 kcal/PS_eh = 0,414 kg/PS_eh Braunkohlenstaubver- ch gemessen.

Die übrige Bauart, die Bildung der Staubemulsion, das pelteilige Füllventil, die Regelung, der Kohlenstaubkreis- , die Kohlenstaubvorwärmung durch die Auspuffgase, die che Speisung vieler Zylinder durch eine zusätzliche ümaschine zeigen die Patentschriften. Es fehlt die Zeit, ber zu sprechen. Wenn man mit 0,5 ₰ Ausgabe für lenstaub 1 PSh erzeugen kann, so spart man gegenüber Ölbetrieb rd. 1,8 ₰/PSh an Brennstoffkosten oder 80 vH. macht bei einem Motor von 1000 PS und 3000 Arbeitstunden jährlich rd. 50 000 ℳ. Der Kohlenstaubmotor ist dabei nicht wesentlich teurer als der gleich starke Ölmotor. Kohlenstaub ist in großen Mengen käuflich. Viele Kraftwerke haben heute Kohlenmühlen und Sichter, so daß man im allgemeinen nur eine weitere Siebeinrichtung anzuschaffen braucht. Die wichtigen Vorzüge des Dieselmotors bietet auch der Kohlenstaubmotor. Er ist ohne Anheizen betriebsbereit, er ist leichter und kleiner als eine Dampfanlage, braucht wenig und nicht besonders reines Wasser, keine behördliche Genehmigung, keine Feuerung. Er nutzt die Kohle bei 2800 kcal/kWh um 30 bis 60 vH besser aus als eine hochwertige Dampfturbinenanlage mit 3640 bis 4500 kcal/kWh. Er erzeugt also Maschinenkraft erheblich billiger als jede andere bekannte Kraftmaschine.

Prof. Dr. Aufhäuser, Hamburg, erläuterte die theoretischen Grundlagen des Kohlenstaubmotors. Die Verbrennung sei vor allem ein Geschwindigkeitsproblem. Sie setze sich zusammen aus Extensivbewegungen, d. h. der Bewegung von Luft und von Brennstoff, also von Massen, und aus Intensivbewegungen, d. h. Bewegungen, die auf die kleinsten Teile, also auf die Moleküle, übergreifen. Jeder chemische Vorgang sei eine Intensivbewegung. Wichtig sind deshalb für die Verbrennung Größen, die ermöglichen, die Intensivbewegung zu steigern. Solche Größen sind die Temperatur und die wirksame Oberfläche (Zerstäubung des Brennstoffes). Diese beiden Größen sind miteinander verknüpft in der Wärmeaufnahme des Brennstoffes, der damit für jeden Verbrennungsvorgang grundlegende Bedeutung zukommt.

Dr.-Ing. Goßlau sprach sodann über

Wärmebeherrschung und Leistungssteigerung in luftgekühlten Flugmotorenzylindern[3]).

An den Vortrag schloß sich folgende Aussprache:

Prof. Schmidt, Danzig: Es kommt gerade beim Flugmotor nicht darauf an, die Wärme überhaupt abzuführen, sondern darauf, mit welchem Gewichtaufwand für die Rippen die Wärme abgeleitet wird. Man hat daher zunächst zu entscheiden: Soll man eine kleine Anzahl großer Rippen oder eine große Anzahl kleiner Rippen verwenden. Durch beide Arten, durch engsitzende kleine oder weit auseinander sitzende große Rippen, läßt sich die gleiche wärmeabgebende Fläche erreichen. Theoretische Überlegungen[4]) ergeben, daß es vorzuziehen ist, mit vielen kleinen Rippen zu arbeiten. Der Gewichtaufwand nimmt unter sonst gleichen Verhältnissen mit der dritten Potenz der auf die einzelne Rippe entfallenden Wärmemenge zu.

Nun kommt man aber im Zusammendrängen der Rippen an eine gewisse Grenze, die bestimmt ist durch die an jeder Rippe entlang strömende Grenzschicht angewärmter Luft, die bei zu kleinem Abstand die Wärmeabgabe der Nachbarrippe behindert. Die Dicke der Grenzschicht hängt ab von der Rippentiefe, von der Bestreichungstiefe und von der Windgeschwindigkeit. Bei den bisher vorliegenden Motoren ist man aber wohl noch nicht weit genug mit dem Rippenabstand herabgegangen.

Ist die Rippenzahl gegeben und ist bekannt, wieviel Wärme jede Rippe ableiten soll, so ist weiter die Wahl des Rippenprofils zu entscheiden. Sieht man die Wärmeübergangzahl der Rippe bei gegebener Windgeschwindigkeit über die ganze Fläche als ungefähr konstant an, so kann man im Weg einer Minimal-Maximal-Betrachtung entscheiden, welches das günstigste Verhältnis von Dicke zu Breite der Rippe gleicher Stärke ist, das Verhältnis nämlich, bei dem eine gegebene Wärme mit einem Mindestaufwand von Rippengewicht abgeführt wird. Die Untersuchung zeigt, daß dann die Temperatur an der äußeren Rippenkante noch die Hälfte der Temperatur am Rippenfuß betragen muß.

Die Rippen werden meist noch zu stark hergestellt. Ähnliche Überlegungen kann man für Dreieckrippen anstellen. Welcher Rippenquerschnitt aber überhaupt der günstigste ist, ist viel schwieriger zu berechnen. Man kann aber nachweisen, daß der Gewichtaufwand in einer Rippe dann ein Mindestwert ist, wenn die Wärmestromdichte in ihrem Metall überall gleich ist. Man findet so, daß die Rippe wie eine hohlgeschliffene Rasierklinge aussehen muß. Das bedingt zwar Schwierigkeiten in der Ausführung, aber es läßt sich nachweisen, daß die Dreieckrippe der günstigsten Form schon sehr nahe kommt. [M 1634]

[3]) Der Vortrag wird voraussichtlich im nächsten Heft dieser Zeitschrift erscheinen.
[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 885.

Umschlaganlage für Kali in Harburg-Wilhelmsburg

Von Reg.-Baurat Dr.-Ing. Petzel und Reg.-Baumstr. Behrends, Harburg-Wilhelmsburg

Zusammenlegung der Kaliausfuhr über die Elbe — Neuzeitliche Umschlaganlage[1] — Lagerungsmöglichkeit von 100 000 t Kalisalzen in sechs verschiedenen Sorten; Leistung 400 t/h bei losem oder gesacktem Gut — Erreichung dieser Leistung durch ununterbrochene Förderung — Beschreibung der Förderanlagen, Absackanlagen, Kratzer, Greifer- und Bandbrücken sowie des Betriebes.

Abb. 1
Umschlaganlage für Kali in Harburg-Wilhelmsburg.

Die Erkenntnis der Notwendigkeit der Kalidüngung für die Landwirtschaft ist im Laufe der letzten Jahrzehnte, von Deutschland ausgehend, in die entlegensten Teile der Welt gedrungen. Mit dieser zunehmenden Erkenntnis ist auch die Überseeausfuhr von Kalisalzen in dieser Zeit von wenigen hunderttausend Doppelzentnern auf 0,75 Mill. t im Düngerjahr 1927/28 gestiegen. Für eine zufriedenstellende schnelle Erledigung der stark vermehrten Kaliausfuhr nach Übersee waren die bestehenden Verladeeinrichtungen in den deutschen Seehäfen nicht hinreichend. Die Schaffung besonderer Hafen- und Speicheranlagen für die Hunderttausende von Tonnen Kalisalze, die ihren Weg nach Übersee finden, war um so notwendiger, als Kalisalze leic lösliche Erzeugnisse darstellen, die unter dem Einfl der Feuchtigkeit Zustandsveränderungen erleiden kö nen, die ihre Verwendung beeinträchtigen.

[1] Eine ausführliche Beschreibung der Bauanlagen findet sich in der „Bautechnik" Bd. 6 (1928) Nr. 40 S. 595.

Gesamtanordnung

Alle diese Umstände, zusammen mit der nach d bisherigen Absatzentwicklung noch zu erwartenden b trächtlichen Vergrößerung der Kaliausfuhr, führten z Errichtung des Kalikais am Reiherstieghafen in Harbu Wilhelmsburg, Abb. 1.

Die Umschlaganlage, s. den Lageplan, Abb. 2, b steht aus einer Ufermauer für zwei Schiffslängen d größten Frachtdampfer und den in 25 m Abstand glei laufend zur Ufermauer angeordneten Lagerschupp

Abb. 3
Querschnitt durch Kai und Doppelschuppen.

Abb. 4
Querschnitt durch Kai und Verladestelle.

Abb. 2
Lageplan der Umschlaganlage für Kali am Reiherstieg-Hafen.

Zwischen Kaimauer und Schuppen sind für den Umschlagbetrieb drei große Greiferbrücken und vier kleine Bandbrücken angeordnet.

Die Schuppen und Speicher, Abb. 3 bis 5, weisen 228 m Gesamtlänge und 64 m Breite auf. Innerhalb der Doppelschuppen sind in symmetrischer Anordnung zwei Verladestellen, Abb. 4 und 5, eingebaut, die als Lager für gesacktes Gut dienen und die wesentlichen Betriebsanlagen enthalten.

Förderbandanlagen

Die Salze werden in den Schuppen und an den Verladestellen unter möglichster Beschränkung der Bedienungsmannschaften mittels Gurtförderbänder bewegt. Für die Förderbandanlagen war die Bedingung maßgebend, daß man eine beliebige Salzsorte an jede Luke der am Kai liegenden Seeschiffe abgeben konnte.

Im wesentlichen sind drei Gruppen von Gurtförderbändern zu unterscheiden:

1. Die Bänder zum Speichern der Salze, die unter der vorderen Laderampe und im First der Schuppen liegen,
2. die Bänder zur Beförderung aus dem Speicher, die sich in den Kratzerkanälen unter den Schuppenböden und im Aufbau am Wasser befinden,
3. die für beide Gruppen gemeinsam wirkenden schrägen Bänder in den Verladestellen.

Allgemein hat man darauf geachtet, daß die verschiedenen Wege wechselseitig benutzt werden können. Die Dauerleistung eines jeden Förderweges ist mit 130 t/h festgelegt, so daß unter Berücksichtigung der bei Schiffsladungen unvermeidlichen Pausen 100 t/h Durchschnittleistung angenommen werden kann. Die Gesamtanlage vermag somit 400 t/h loses oder gesacktes Gut zu den Seeschiffen zu bringen, da vier Gänge gleichzeitig arbeiten.

Bei der Planung waren zunächst Becherwerke für die senkrechte Bewegung des Fördergutes in Aussicht genommen. Da aber Becherwerke in der Anschaffung teuer sind, in Betrieb und Unterhaltung ungünstiger arbeiten und wegen ihrer Überfälle eine größere Bauhöhe der Verladestellen verlangen, wurde schräg steigenden Förderbändern mit einer Neigung von 20° 40′ der Vorzug gegeben. Besondere Sorgfalt ist auf die Ausbildung der Auflaufschurren für die steigenden Bänder verwandt. Leitbretter bewirken, daß das Fördergut innerhalb der Aufgabe die Bandgeschwindigkeit annimmt und sich erst nach Verlassen der Leitbretter auf dem Gurt ausbreitet.

Abb. 5
Schnitt durch Verladestelle und Schuppen.

Eine Erscheinung, die bei der Planung zunächst nicht beachtet worden war, da Erfahrungen mit derart langen und steilen Förderbändern nicht vorlagen, und die sich erst beim Probebetrieb herausstellte, ist das Rückwärtslaufen des belasteten Bandes bei plötzlichem Stillstand der Anlage. Das Rücklaufen der Bänder ist durch den Einbau von Rücklauf-Hemmvorrichtungen beseitigt worden. Diese bestehen aus einer umlaufenden Klinke, die beim Rücklaufen des Förderbandes in ein Sperrad faßt. Damit kein harter Stoß auftritt, sitzt das Sperrad lose auf der Welle und wird durch ein gewichtbelastetes Bremsband gehalten.

Die ansteigenden Sackförderbänder haben eine größte Neigung von 16° 30′. Beim Wandern über die Stützrollen gleiten die Säcke an jeder Rolle um ein geringes Stück auf dem Gurt zurück. Bei einer Förderlänge von rd. 50 m, 16° Neigung und 0,6 m Rollenabstand ist festgestellt worden, daß ein Sack von 100 kg 5 m auf dem Gurt zurückrutscht. Zur Führung der Säcke sind an diesen Bändern seitliche Führungsbretter angebracht, da ohne diese ein nicht gerade auf das Band aufgelegter Sack bei dem langen Förderwege vom Gurt abgleiten würde.

Die Bänder mit 800 mm Gurtbreite laufen mit 1,5 m/s Bandgeschwindigkeit. Die aus baulichen Gründen nur 700 mm breit ausgeführten Muldenbänder in den Kratzerkanälen haben eine Geschwindigkeit von 1,6 m/s, während die Sackförderbänder mit 1 m/s laufen. Bänder, die loses Gut und Säcke fördern, haben umschaltbare Getriebe für beide Geschwindigkeiten.

Die Tragrollen der Bänder, Abb. 6, sind mit Kugellagern ausgerüstet, deren große Fettkammern nur selten nachgefüllt werden müssen. Wagerecht geführte Bänder haben gerade Tragrollen. Die muldenförmig ausgeführten steigenden Bänder und die Kratzerkanalbänder sind mit Schrägrollen ausgerüstet.

Der Rollenabstand beträgt 1,5 m; bei den 700 mm breiten Kratzerkanalbändern, bei denen der Aufgabeschuh über die ganze Länge des Bandes verfahrbar ist, beträgt er jedoch 1,25 m. Bänder, die Säcke fördern, haben 0,6 m Rollenabstand. Unter den Aufgabestellen wird der Gurt durch mehrere dicht hintereinander liegende Tragrollen unterstützt.

Die Förderbänder haben Einzelantrieb mit einem Riemen- und einem Zahnrädervorgelege an der Endrolle der Bänder. Die sich über die ganze Länge des 112 m langen Mittelschuppens erstreckenden Bänder zum Füllen des Speichers im Schuppenfirst und die Bänder zum Entleeren in den Kratzerkanälen können nach beiden Richtungen laufen. Sie haben auskuppelbaren Antrieb an jedem Ende, so daß der belastete Gurt immer gezogen wird.

Die Gurttrommeln haben am Antrieb 800 mm und am Umkehrende 600 m Dmr. Die Gurttrommeln und Ablenkrollen werden durch Schaber sauber gehalten. Zum Spannen der Gurte dienen selbsttätige Gewichtspannvorrichtungen. Die Länge des Spannweges beträgt mindestens 1,5 vH der Förderbandlänge.

Abb. 6
Ausspeicherband an der Kaiseite.

Abb. 8
Kratzer vor dem Kaliberg.

Zum Abwerfen des Gutes von den Bändern an beliebiger Stelle dienen Abwurfwagen, die durch den Gurt vor- und rückwärts gefahren werden. Die Bänder für zwei Förderrichtungen haben Doppelabwurfwagen.

Die Fördergurte sind Gummigurte mit getränktem, durchgewebtem Baumwollkern und 2 mm Gummiauflage auf der Förder- und 1 mm Auflage auf der Laufseite. Nur für einige Bänder sind sogenannte Lagenbänder mit vier Einlagen und gleich starker Gummierung wie die übrigen Gurte gewählt, um auch diese Gurtart praktisch zu erproben. Die Gesamtlänge der Gurte beträgt rd. 6 km.

Abb. 7
Absackanlage.

Absackanlagen

Im vierten Boden jeder Verladestelle sind drei Absackanlagen aufgestellt. Das lose Gut wird durch die Förderbänder herangebracht und mittels staubdicht eingekleideter Schnecken auf die einzelnen Absackanlagen, Abb. 7, verteilt.

Jede Anlage besteht aus zwei geeichten Kippgefäß-Waagen für 100 kg einmalige Ausschüttung und einer Sackzunähmaschine, die hintereinander angeordnet sind. Zum Auslösen der Kippung dient ein Handzug. Jede Waage hat ein selbsttätiges Zählwerk. Über den Waagen befinden sich Ausgleichtrichter von 150 kg Nutzinhalt und unter den Waagen Trichter von 100 kg Inhalt, an denen die Absackstutzen befestigt sind. Statt der vielfach verwendeten Sackschnallen sind die Stutzen flanschartig mit stumpfen Ecken versehen. Der leere Sack wird über den Stutzen gezogen und mit der linken Hand zusammengeschnürt, während die rechte Hand die Waage auslöst. Das unmittelbar unter den Stutzen liegende Lattenförderband läuft mit der Nähgeschwindigkeit und führt die offenen Säcke der Nähmaschine zu. Jede Absackanlage kann in 1 h 350 Sack im Dauerbetrieb leisten.

Die vor den Abgabebär dern eingeschalteten, selbs tätigen Kippgefäß-Waage zum Verwiegen des aus de Schuppenanlage abgegebene losen Gutes gestatten ein jedesmalige Ausschüttung vo 1500 kg. Die Waagen sind ge eicht und mit selbsttätige Zählwerk versehen. Über un unter den Waagen befinde sich große Ausgleichsilos.

Kratzer

Das lose Gut wird mit tels sieben Kratzer, Abb. 8 in den Speichern gelöst. Dies Kratzer leisten 130 t/h be mittelhartem Salz. Der Un terwagen ruht auf vier Lauf rädern. Auf dem Unter wagen befindet sich der Lauf kranz für die Drehrollen des um 360° schwenkbare Oberwagens und der Drehkranz für das Schwenkwerk In den Oberwagen ist der dreiteilige, ansteigend Kratzer, Abb. 9, der aus einer mittleren Kratzerkette vo 800 mm Breite und zwei seitlichen von 400 mm Breit besteht, eingebaut. Im unteren Teil des ansteigende Kratzers ist der heb- und senkbare Kratzerausleger vo 10,5 m Länge eingehängt. Die Schaber im Ausleger sin mit aufgenieteten Zähnen aus Mangan-Stahlguß ver sehen. Unterhalb des Abwurfs des ansteigenden Kratzer liegt der Walzenbrecher. Auf dem rückwärtigen Tei des Oberwagens sind der Antriebmotor von 30 kW Lei stung mit der Hauptvorgelegewelle sowie das Gegen gewicht untergebracht. Zur Steuerung dienen vier Hebe am Führerstand, die Kegel- und Federbandkupplunge betätigen. Der Strom wird über ein bewegliches Kabe zugeführt.

Der Kratzer fährt an den im Schuppen liegenden Salzberg heran, und die im Ausleger befindlichen Schaber kratzen das Salz vor den ansteigenden Kratzer. Dieser fördert das Salz aufwärts und nach der Mitte des Kratzers. In der ansteigenden Schurre befindet sich ein Sieb, durch das das feinkörnige Salz unmittelbar in

Abb. 9
Kratzer.

er Aufnahmetrichter im Unterwagen fällt. Grobe Salzücke werden am Kopf des ansteigenden Kratzers rückwärts ausgeworfen und gelangen durch den Walzenbrecher in den Aufnahmetrichter. Von dort wird das Salz auf das unter der Fahrbahn des Kratzers liegende Förderband geleitet.

Bandbrücken

Die vier fahrbaren Bandbrücken am Kai dienen dem Umschlag loser oder gesackter Salze vom Schuppen in das Schiff. Die Leistung jeder Brücke beträgt 130 t loses Gut oder 1000 Säcke von 100 kg Gewicht in 1 h.

Die Bandbrücken sind so ausgebildet, daß sie einerseits das lichte Raumprofil der Eisenbahn freilassen und andrerseits unter den Greifer-Verladebrücken hindurchfahren können. Die Spannweite beträgt 22 m.

Der Hauptträger der Brücke und der Ausleger sind wasserdicht verkleidet. Da die Brücke hierdurch eine große Windfläche bei verhältnismäßig geringem Eigengewicht hat, ist auf die sichere Ausbildung des Fahrwerks besonderer Wert gelegt. Alle Laufräder werden angetrieben. Außer der elektromagnetischen Fahrwerkbremse am Motor ist an jeder Fahrschiene eine den Schienenkopf umfassende Doppelbackenbremse mit Gewichtbelastung eingebaut, die vom Führerstand aus bedient wird und mit dem Fahrschalter mechanisch verriegelt ist.

In der Brücke, Abb. 10, läuft der 7,7 m lange Auslegerwagen. An dem Wagen ist der heb- und senkbare Ausleger durch Bolzen gelenkig befestigt. Die Arbeitstellungen des Auslegers liegen zwischen 25 ° nach oben und 25 ° nach unten, von der Wagerechten gerechnet. Beim

Abb. 10
Bandbrücke.

Ein- und Ausfahren des Auslegers kann dieser bis zu 45 ° nach oben gehoben werden. Der Ausleger ist 12,85 m lang und hängt in Seilen. Das Verfahren des Auslegerwagens wird ebenfalls durch Seile bewirkt. Das Windwerk ist ein Zweimotorenwindwerk mit zwei Trommeln für die Hub- und Fahrseile, Rädervorgelegen und Backenbremsen. Zur Steuerung dienen Steuerschalter am Führerstand. Im Ausleger und Wagen ist das Auslegerförderband eingebaut, dessen Antrieb sich am hinteren Ende des Auslegerwagens befindet.

In der Brücke selbst liegt ein festes Förderband mit einer Abwurfschurre zum Auslegerband. Eine auf der Brücke verfahrbare, geschlossene Schurre vermittelt den Übergang des Gutes von den Ausspeicherbändern des Schuppens auf das feste Band der Brücke. Die 800 mm breiten Förderbänder sind im allgemeinen ebenso wie die Bandanlagen im Schuppen ausgebildet. Im Gegensatz zu diesen ist jedoch infolge der beschränkten Raumverhältnisse auch das erste Vorgelege des Motorantriebes ein Zahnradvorgelege, und statt der Gewichtspannvorrichtungen für die Gurte sind Spindelspannvorrichtungen verwandt.

Von dem Auslegerband gelangt das lose Gut durch ein nach allen Seiten bewegliches Ausziehrohr in das Schiff. Die Säcke erreichen durch eine Wendelrutsche den Schiffsraum, Abb. 11. Die Wendelrutsche ist am Kopf des Auslegers in der Brückenlängsachse drehbar aufgehängt und kann eingezogen werden, so daß sie parallel zum Ausleger liegt.

Der Strom wird über eine Schleifleitung am Rampendach zugeführt. Diese besteht aus festverlegten Stromschienen mit aufgewalztem Kupferkopf. Der Strom geht über einen Hauptschalter zu einem Verteilerkasten, in dem sich Überstromauslöser für sämtliche Motorenabzweige befinden. Der auf dem Auslegerwagen befindliche Motor für das Förderband im Ausleger erhält Strom mittels eines beweglichen Kabels.

Für die Beleuchtung ist ein Einphasen-Lichtumspanner für 110 V vorhanden. Unter dem Hauptträger der Brücke sind zwei und am Auslegerkopf ein 500 W-Tiefstrahler angebracht.

Greiferbrücken

Für die Beladung von Seeschiffen aus Flußschiffen und die Speicherung vom Flußschiff zum Lager sind drei Greiferbrücken vorhanden. Neben den Kranschienen sind auf ganzer Länge der Fahrbahn gelochte Winkeleisen zum Feststellen der Brücke mit Bolzen verlegt.

Die Spannweite der Brücken beträgt 24 m. In der äußersten Stellung der Drehlaufkatze im Ausleger beträgt die Ausladung 31 m, von Mitte Greifer bis Mitte wasserseitige Stütze gemessen. Die Oberkante der Katzfahrbahn liegt auf + 23 m NN, entsprechend einer Höhe von rd. 16 m über Kai. Die Unterkante des geöffneten Greifers in höchster Stellung liegt auf + 16,00 m NN.

Die lichte Weite des vorderen wasserseitigen Portals ist so gewählt, daß die Katze mit ausgeschwenktem Greifer frei durchfahren kann. Das Fahrwerk der Verladebrücken ist so stark bemessen, daß die Verladebrücken bei einem Winddruck von 50 kg/m² in Richtung gegen den Wind mit einer Geschwindigkeit von 10 m/min fahren können. Der Antrieb erfolgt beiderseits, d. h. an jeder Schiene an einem Radsatz. Der Motor steht auf der Brücke, und seine Kraft wird durch gleich belastete Wellen auf die anzutreibenden Laufräder übertragen. Gesteuert wird von der Katze aus, solange sie über Land steht.

Der Ausleger kann in 5 min gehoben und gesenkt werden.

Das Einziehwerk besteht aus dem Motor, einem selbstsperrenden Schneckengetriebe, Stirnrädervorgelegen und zwei kegeligen Seiltrommeln. Auf der elastischen Kupplung zwischen Motor und Schneckenwelle ist eine elektromagnetisch betätigte Backenbremse angebracht.

Jede Brücke hat eine Drehlaufkatze von 4 m Ausladung. Ihre Hubkraft beträgt 5 t. Bei einem Greifergewicht von 2,3 t faßt der Greifer 2,25 m³, also etwa 2,7 t Kalisalz.

Das Greiferwindwerk der Katze ist als Kastenw in Stahlgußgehäuse mit Planetengetriebe und Zweimoto antrieb, Bauart Tigler, ausgeführt. Die Hubgeschwin keit beträgt 60 m/min, die Fahrgeschwindigkeit der K 100 m. Jede Achse des Fahrwerks wird durch einen be deren Motor angetrieben. Das Drehwerk der Katze k 2 bis 3mal in 1 min drehen.

Die Laufkatze hat eine geeichte Eßmann-Seil waage neuester Bauart, die das Wiegen in jeder Stell des Greifers ermöglicht.

Die Hauptschleifleitung (festverlegte Stromschi mit Kupferkopf) liegt an der Schuppenwand.

Wegen der Gefahr des Stromübergangs auf die übr Bauteile bei mit Kalistaub bedeckten Isolatoren nassem Wetter sind die schmiedeisernen Schleifleitu konsolen, die am Mauerwerk verankert sind, sämtlich erdet.

Auf der Brücke befindet sich ein Trennschalter, die ganze Brücke stromlos macht, und ein Einpha lichtumspanner für die Brückenbeleuchtung. Der R unter der Brücke wird durch zwei Tiefstrahler 100 W beleuchtet. Je ein weiterer Tiefstrahler befi sich im Ausleger und an der Katze.

Zur Verteilung des Stromes auf die einzelnen toren der Drehlaufkatze dienen gußeiserne Schaltka mit Stromauslösung in der Katze.

Heizanlage

Bei dem feuchten Klima der Nordseeküste und bei wasseranziehenden Eigenschaft der Kalisalze war Heizanlage dringend erforderlich. Neben der Heiz der Arbeiterwohlfahrtsräume und des Verwaltungs- Kantinengebäudes sind alle Förderwege mit Heiz versehen. Dabei kam es nicht darauf an, die För anlagen und ihre Umgebung auf eine bestimmte T peratur zu heizen, sondern nur die maschinellen T so trocken zu halten, daß auf den Eisenteilen liege Kali kein Wasser anziehen kann. Diese Anlage ist Warmwasser-Pumpenheizung mit einer Vorlauftemp tur von 90 ° und einer Rücklauftemperatur von 70 ° geführt und befindet sich im Kellergeschoß der westli Verladestelle. Sie besteht aus drei gußeisernen Kes mit je 47 m² Heizfläche und 376 000 kcal/h Leis eines Kessels sowie einem vierten Kessel von 23 m² H fläche und 184 000 kcal/h, die Gesamtleistung beträgt rd. 1 300 000 kcal/h. Der kleine Kessel ist von den gr Kesseln abschaltbar, so daß das Verwaltungs- und W stättengebäude von der übrigen Anlage getrennt geh werden kann. Der Kokslagerraum liegt im Erdges der westlichen Verladestelle oberhalb der Kessel. hier aus gelangen die Kohlen über Fülltrichter zu Kesseln.

Die Kessel haben selbsttätige Zugregelung und wasserseitig durch Sammelleitungen an den Vorlauf- Rücklaufverteiler, von denen die einzelnen Rohrstr abgehen, angeschlossen. Jeder Kessel ist im Vor und Rücklauf absperrbar, so daß die Kessel während Betriebes gereinigt werden können.

Zwischen dem Rücklaufverteiler und den Kes sind drei Umwälzpumpen von insgesamt 30 m³/h Leist eingebaut.

Die Verbindungsleitungen zwischen Schuppen Verwaltungs- und Werkstätten-Gebäude sind in fla Kanälen mit abnehmbaren Betonplatten verlegt. Ausgleichmöglichkeit ist bei den Übergängen der R leitungen Rücksicht genommen.

Die Förderanlagen werden durch unter die Bä und um die Schurren, Speicher und Lutten gefü Heizrohre warm und trocken gehalten. Bei der legung der Rohre hat man darauf geachtet, daß von der Unterkante der Gummigurte mindestens 2 Abstand haben, anderseits aber auch ein Reinigen Fußbodens ermöglichen. Auf dem sechsten Boden einen Verladestelle befindet sich das Ausdehnungsge während sich im Dachgeschoß des Verwaltungsgebä der Kantine und im sechsten Boden der andern Verl stelle je ein Luftgefäß befindet.

In den Hauptarbeitsräumen der Verladestelle auf dem ierten und fünften Boden sind außer den Bandheizungen och besondere Heizkörper aufgestellt.

Umspann- und Schaltanlagen

Die Umspannanlage dient der Umspannung des aus em Verteilnetz des Hafengebietes gelieferten Drehroms von 10 000 V und 50 Per./s auf die Betriebsspanung von 220/380 V. Die Zellen für die Umspanner liegen nmittelbar östlich der östlichen Verladestelle auf der ampe. Der Schaltraum befindet sich in den landseitigen eldern auf dem ersten Boden der östlichen Verladestelle.

Für den Kraftbedarf sind drei Drehstrom-Ölumspaner mit Kupferwicklung von 320 kVA, 10 000/400/231 V, Per./s und für Licht ein Drehstrom-Ölumspanner von kVA Leistung vorhanden. Raum für die Aufstellung nes weiteren 640 kVA Umspanners für Kraft ist vorsehen.

Den Leistungsfaktor verbessert ein Phasenschieber it einer Blindleistungsabgabe von rd. 400 kVA. Sein nlaßumspanner ist in einer unmittelbar neben dem chaltraum gelegenen besonren Zelle aufgestellt. Ein hnellregler gestattet, einen eichmäßigen Leistungsfaktr einzuhalten.

Die Motoren für den Anteb der Förderanlagen sind ößtenteils Drehstrommotom mit Schleifringläufern d Vollast-Ölanlassern.

Da bei Stillstand irgender Förderbandanlage infge einer Störung die vorschalteten die folgenden ndanlagen mit Salz überüütten, hat man an den chtigsten Stellen der Anke Druckknopfschalter angracht. Durch Betätigung dser Schalter wird ein Ifsstromkreis geschlossen, d über ein Relais die Nllspannungsspule des Abzeigschalters stromlos nacht und damit den Schalte auslöst, so daß die ganze Vladestelle stillgelegt ist.

Vschiedene Nebenanlagen

Jede Verladestelle hat zu Verbindung der einzelnen Bden untereinander einen Lstenaufzug mit einer Tragkrt von 1200 kg und einer Gehwindigkeit von 0,5 m/s.

Unmittelbar neben den Alackanlagen auf dem vien Boden der Verladestellen sind für Aufdruck au den Säcken je zwei fahrbare Sackzeichenmschinen vorhanden. Sie können 1000 Sack in 1 h be einfarbigem einseitigem Aufdruck abfertigen.

Gleisanlagen

Zur Feststellung des Gewichtes der mit der Eisenbah ankommenden Kalisalze sind zwei Gleiswaagen vor 40 t Wiegefähigkeit und 8 m Brückenlänge vorhanden. Die Waagen haben elektrische Schnellentlastung.

Zum Verschieben der Eisenbahnwagen dienen zwei Gleischlepper, deren 40 PS-Benzolmotoren bis zu acht beladne Wagen ziehen können. Sie sind mit einer elektrishen Licht- und Selbstanlasseranlage ausgerüstet. An einn Stumpfgleis ist ein Schuppen mit Reinigungsgrube zur Unterbringung der Gleisschlepper erbaut. Neben diesem befdet sich eine Zapfstelle.

Außerdem befindet sich vor jeder Verladestelle ein elisch betriebenes Spill von 1000 kg Zugkraft mit der ötien Anzahl von Umlenkrollen.

Abb. 11
Bandbrücke mit Wendelrutsche.

Betrieb der Anlage bei den verschiedenen Umschlagarten

Umschlag vom Eisenbahnwagen zum Lager

Das Kali kommt in gedeckten Wagen an die Rampe. Hier werden die Wagen mittels mechanischer Schaufeln entladen. Diese bestehen aus einem hinter die Kaliladung durch einen Mann zu setzenden Blech, das durch eine Winde angezogen wird.

Durch das Blech wird das Salz in die Einschütttrichter befördert. Diese bringen das Gut auf das Band im Rampenkanal. Die vier Rampenbänder leiten es zur Mitte der Verladestellen und dort durch Überfall auf das steigende Band, das von der Wasserseite zu dem vierten Boden der Verladeanlage führt. Dort fällt das Kali durch Überfall und Lutte auf das im First der Schuppen liegende Band. Dieses gibt das Gut mittels Abwurfwagen in den Schuppen ab. Dort wird das Salz bis zu 17 m Höhe in Haufen frei gelagert.

Umschlag vom Eisenbahnwagen zum Seeschiff

Auch hier wird das Kali durch die mechanischen Schaufeln, durch das Rampenband und das steigende Band auf den vierten Boden der Verladestelle befördert. Durch Überfall fällt es auf ein weiteres von der Landseite zur Wasserseite steigendes Band, das es auf den sechsten Boden der Verladestelle befördert. Nun gelangt das lose Gut in Vorspeicher, wird durch die 1500 kg fassende geeichte Libra-Waage gewogen und in den Nachspeicher gekippt. Dieser Nachspeicher ist mit einem Schwingschieber versehen, der eine genaue Einstellung der auf das Ausspeicherband abzugebenden Menge ermöglicht. Das Förderband im wasserseitigen Aufbau leitet das Gut an die Stelle des Kais, wo es durch die Bandbrücke in die Luke des Seeschiffes gebracht werden soll. An dem Übergabepunkt stellt ein vor- und rückwärtsfahrbares Annahmerohr der Bandbrücke die Verbindung zwischen Brücke und Ausgabeband durch die zahlreich an der wasserseitigen Wand des Gebäudes angeordneten Öffnungen her. Das Gut fällt auf das feste Band der Bandbrücke, von dort auf das mit dem Ausleger bewegliche Band und durch ein nach allen Seiten bewegliches Ausziehrohr in die Luke des Seeschiffes.

Umschlag vom Flußschiff zum Lager

Bei Einspeicherung von Kalisalzen zum Lager wird das Gut mit den Greifern der Verladebrücken in die auf dem Vordach angeordneten Silos gefördert. Diese Silos geben das Gut an das Rampenband ab, die steigenden Bänder befördern es bis an die Abgabeschurren für die Einspeicherbänder, und diese bringen das Gut in die Schuppen.

Umschlag vom Flußschiff zum Seeschiff

Diese Art des Umschlages geschieht lediglich mittels der Greifer auf den Verladebrücken.

Umschlag vom Lager zum Seeschiff

Der Kratzer fördert das Gut vom Kaliberg in das im Kratzerkanal liegende Ausspeicherband. Dieses gibt das Gut durch Überfall auf ein zur Wasserseite der Verladestelle führendes Band ab. Von hier aus gelangt das Gut,

wie vorher beschrieben, durch zwei steigende Bänder auf den sechsten Boden, dann über die Waage auf das Ausspeicherband im wasserseitigen Aufbau und über die Bandbrücke in das Seeschiff.

Absacken der Salze

Soll loses Gut aus dem Schuppen, aus Eisenbahnwagen oder Binnenschiffen abgesackt werden, so wird es bis zum fünften Boden durch die steigenden Bänder befördert, dort an die Verteilschnecken über den Waagen abgegeben, gewogen und abgesackt. Die Säcke werden mit den Nähmaschinen zugenäht und durch die Rutschen auf das vom Erdgeschoß der Landseite der Verladestelle zum Boden an der Wasserseite führende Sackband gebracht. Von dort gelangen sie durch Überfall auf die Ausspeicherbänder und über die Bandbrücken und die Wendelrutschen in die Luke des Seeschiffes.

Verteilung der Salze auf die Schuppen

Die Endschuppen der Anlage sind für die Hauptsorten, Kainit und Düngesalz von 20 vH Reingehalt, bestimmt. In den Mittelschuppen werden die hochwertigen Kalisorten gelagert. Durch diese Verteilung der Sorten und Anordnung der Schuppen ist erreicht, daß eine beliebige Sorte in eine beliebige Luke des Seeschiffes jederzeit befördert werden kann.

Entwurf und Ausführung

Die grundlegenden Vorarbeiten für die neue Anlage wurden von dem Seehäfenausschuß des Deutschen Kalisyndikates unter dem Vorsitze des Direktors W. Bartling geleistet. Aufgabe dieses Ausschusses war es, den günstigsten Platz für die Umschlaganlage und die an sie zu stellenden Anforderungen festzulegen.

Entwurf und Bauausführung lagen in den Händen der beiden Verfasser dieses Aufsatzes, denen für die örtliche Bauleitung namentlich Reg.-Baumeistr. Rühl und d Diplomingenieure Karwatky und Gravert zur Se standen.

Bei dem Entwurf und beim Probebetrieb waren d Inhaber der Firma Gustav Schrader, Hamburg, Archite Rud. Holst und Dipl.-Ing. H. Lambreht, als Ve trauensingenieure des Deutschen Kalisyndikates beteili

Für die maschinellen Anlagen sind als am Ba beteiligte Firmen besonders zu nennen:

1. Verladebrücken: Mitteldeutsche Stahlwerke, A.-(Lauchhammer; Demag, Duisburg; Brown, Boveri Cie., Hamburg.
2. Kratzer und Bandbrücken: Gebr. Burgdorf, Alton
3. Maschinenanlagen für die Fördereinrichtunge Miag, Abtlg. Amme-Luther-Werke, Braunschweig.
4. Gurtbänder: Eddelbüttel & Schneider, Harbur Wilhelmsburg.
5. Motoren: Bergmann-Werke, Hamburg.
6. Licht- und Kraftanlagen, Schaltanlagen, Umspann Phasenschieber: AEG, Technisches Bureau, Hambur
7. Heizanlage: G. Günter, Halle a. d. Saale.

Die gesamte Anlage ist dem Deutschen Kalisyndik am 8. Juni 1928 zum Betrieb übergeben worden, nachd in einem Probebetriebe von mehreren Monaten die Zwec mäßigkeit und Leistungsfähigkeit aller Einzelteile nac gewiesen worden war. Da hier zum Teil neuartige, i Seeumschlag bisher unbekannte Fördermittel verwan sind, traten bei den Proben mancherlei Schwierigkeit auf, die aber nunmehr restlos überwunden sind. Im ga zen ist hier ein Werk entstanden, das einen großen Fo schritt in der wirtschaftlichen und technischen Vervo kommnung unsrer Hafenumschlagseinrichtungen bedeut

Im Herbst dieses Jahres wird der zweite Umschla platz für Kali in Bremen fertiggestellt sein. Das Deutsc Kalisyndikat ist dann in der Lage, allen Ansprüch auf schnelle Verladung nach Übersee gerecht zu werde [B 1710]

Die neue Hochofenanlage der Stanton Ironworks Co., Ltd.

Die neue Hochofenanlage der Stanton Ironworks Co. besteht aus drei Hochöfen mit insgesamt zehn Winderhitzern, Gasabzügen, Staubabscheidern, Schrägaufzügen, Förderwagen mit Wiegevorrichtung, Koks- und Erzbehältern, Kalkbrennöfen und Eisenbahnwagen-Hebe- und -Senkvorrichtung. Die Öfen haben im Gestell 3,35 m, in der Rast 5,79 m und an der Gicht 3,96 m Dmr. und eine Höhe bis zur Gichtbühne von 22,86 m. Sie arbeiten mit Midland-Erzen mit 28 bis 30 vH Fe; in einem Ofen kann man in einer Woche 1000 t Eisen erzeugen. Die Gestellmäntel sind aus 32 mm dickem Stahlblech hergestellt und haben acht wassergekühlte gußeiserne Kästen für die Kühlformen der Winddüsen und acht flache Kühler zwischen diesen. Die Heißwind-Ringleitung hat 1066 mm Innen-Dmr. Die Gichtgase werden durch vier senkrechte Rohre von je 0,9 m Dmr. abgenommen und oben in die Staubabscheider, die 6,1 m Dmr. haben, geleitet.

Die Gicht hat doppelten Gichtverschluß und einen umlaufenden Verteiler, der mittels Motor und Getriebe bewegt wird; beide sind so angeordnet, daß man sie rasch und leicht auswechseln kann. Oberhalb des umlaufenden Verteilers ist ein kegeliger Fülltrichter zur Aufnahme der Beschickung aus den Kippwagen angebracht. Der Trichter sitzt an einer Schiebebühne; diese läuft auf Schienen, die an dem Ringsitz der Gichtbühne zu beiden Seiten des großen Fülltrichters im rechten Winkel zur Beschickungsbrücke angeordnet sind. An dieser Schiebebühne sind auch die Rollen, der Motor und das Getriebe für den umlaufenden Verteiler angebracht.

Der Schrägaufzug ist als Kippwagenaufzug ausgebildet, da sich die Konstruktion einfacher als bei Eimeraufzügen gestaltet und die Wartung geringer ist. Jeder Wagen faßt rd. 4 m³. Den zwangläufigen Betrieb des Schrägaufzuges, des Verteilers und der Bewegungsvorrichtung der Gichtglocken regelt eine elektrische Kontaktsteuerung, die der Wiegemeister durch Druckknopf betätigen kann. Das Verteilergetriebe ist so angeordnet, daß je drei Wagen in den feststehenden, in den um 60°, um 120°, um 180°, um 240° und um 300° gedrehten Verteiler entladen werden. Die Wagen mit selbsttätiger Wiegevorrichtung und Entladung durch seitliche Bodenklappen werden zum Befördern von Erz und Kalk verwendet; sie haben elektrischen Antrieb.

Der Koks wird unmittelbar in die Kipper des Schrägaufzug entladen. Erz und Koksbehälter liegen am unteren Ende d Schrägaufzuges zu beiden Seiten des Gleises für Erz- u Kokswagen.

Die acht Kalkbrennöfen werden mit Gas gefeuert u können in einer Woche je 100 t Kalkstein verarbeiten. V den beiden Turbogebläsen liefert jedes 793 m³/min Luft v 0,633 kg/cm² Druck. Der Dampf wird in sieben Lancashi Kesseln mit einem Druck von etwa 8,5 at erzeugt. („Ir and Coal Trades Review" Bd. 17 (1928) S. 289)
[N 2005] Ste.

Die englischen Luftschiffe R 100 und R 101

Die im Bau befindlichen Luftschiffe sollen zunächst f den Verkehr von England nach Indien eingesetzt werden. D Reisedauer beträgt etwa 60 h. Die Schiffe sind rd. 220,75 lang bei 40,13 m größtem Durchmesser und 42,67 m größt Höhe über der Kommandokabine. Der Gasinhalt der 16 Ga zellen beträgt 141 500 m³, was einen Auftrieb von 150 ergibt. Bei 118,5 km/h Geschwindigkeit beträgt der Fahr bereich rd. 7400 km. Die vertragliche Geschwindigkeit i rd. 1500 m Höhe beläuft sich auf 129,6 km/h.

Die 16 Querspanten, die je aus zwei Außen- und ein Innenring mit dazwischenliegenden Druckstäben besteh sind durch 15 dreieckige Längsträger verbunden. Zw 650 PS-Beardmore-Motoren werden an Spant 4, zwei weite an Spant 9 und ein fünfter an Spant 11 befestigt.

Die Einrichtungen für 100 Fahrgäste und 50 Mann B satzung liegen auf zwei Decks im Inneren des Rumpf zwischen Spant 6 und 8. Das untere Deck mit einer Ob fläche von 160,7 m² enthält die Kapitänsräume, die Fun kabine, eine elektrische Küche, die Räume der Besatzun das Rauchzimmer und die Waschräume. Auf dem ober Deck, 515,6 m² groß, befinden sich der Speisesaal n 50 Plätzen, zweibettige Schlafkammern und eine große Ha mit Wandelgängen auf beiden Seiten. Nur die Kommand kabine liegt außerhalb der Umhüllung unterhalb der Ka tänsräume.

Die Spanten und Längsträger sind aus Stahlrohr m Duralumin-Querverbindung gebaut. Für die Fahrgaste richtungen wird eine besonders leichte brasilianische Ho art „lata balsa" mit einem spezifischen Gewicht von 96 kg/ verwendet. („The Engineer" Bd. 146 (1928) Nr. 3710 S. 22
[N 2090] Ls.

Bestimmung der Werkstoffdämpfung mittels der Verdrehungs-Ausschwingmaschine

Von O. Föppl, Braunschweig

Mit Hilfe des Verdrehungs-Ausschwingverfahrens kann die Dämpfung eines Werkstoffes in Abhängigkeit von der Formänderung bestimmt werden. Es werden Versuchsergebnisse mitgeteilt, die verschiedene Werkstoffe ergeben haben. Der Unterschied zwischen statischer und dynamischer Zähigkeit für die praktische Bewährung wird hervorgehoben. Die Meßgenauigkeit, mit der man die Dämpfung bestimmen kann, ist bei der Dauer-Drehschwingmaschine größer als bei der Ausschwingmaschine.

Unter Werkstoffdämpfung verstehen wir den plastischen Anteil an der Gesamtverformung. In Abb. 1 ist die Spannung τ, die eine bestimmte Randfaser nes Probestabes bei der Verdrehung erleidet, in Abängigkeit von der Formänderung γ aufgetragen. Wir ehmen an, der Stab werde Wechselbeanspruchungen nerhalb der Grenzen $+\tau$ und $-\tau$ unterworfen. olange der Gültigkeitsbereich des Hookeschen Gesetzes cht überschritten ist, wird im Spannungs-Dehnungsiagramm, Abb. 1, eine Gerade $a-a$ durchlaufen, die eim Hinzutreten von plastischen Verformungsanteilen in ne Hysteresisschleife b übergeht. Der Inhalt der Schleife bt die auf eine Schwingung in der Volumeinheit des erkstoffes in Wärme umgesetzte Arbeit oder die Werkoffdämpfung an. Wir wollen sie mit ϑ $\left[\text{Dimens. } \frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3 n}\right]$ zeichnen. Die Werkstoffdämpfung bewirkt, daß eine hwingung auch beim Fehlen jeder äußeren Dämpfung uftdämpfung, Reibung usw.) ohne neu erfolgende äußere ntriebe mit der Zeit abklingt. Aus der Abklingungsschwindigkeit einer Schwingung kann man unmittelbar f die Werkstoffdämpfung schließen. Mit diesem Verhren, das nur auf das Abklingen von Verdrehungsswingungen beschränkt werden soll, wollen wir uns im rchfolgenden befassen.

Das Ausschwingverfahren

Die einfachste Anordnung zur Durchführung eines Verdrehungsausschwingversuches besteht aus einem Probesb a, Abb. 2, der an einem Ende mit einem Fundament b ft verbunden ist und am andern Ende eine Schwungnsse c trägt. Durch Verdrehen der Schwungmasse c wd der Stab a gespannt. Wenn das verdrehende Moment ptzlich fortfällt, führt die Anordnung ac Schwingungen n abklingender Amplitude φ aus. Die Gesamtenergie E d Schwingung setzt sich zusammen aus der kinetischen Eergie E_k und der Formänderungsenergie E_f, mit $E = E + E_f$. Für jeden Augenblick der Schwingung kann mn einen reduzierten Ausschlag φ_{red} oder γ_{0red}, bezogen a ein Stabelement der Randfaser (mit $\tau_0 = \frac{\gamma_0}{G}$, wobei τ_0 di Randspannung und G den Gleitmodul bedeutet) angen unter der Annahme, daß die Gesamtenergie E nur al Formänderungsenergie $E_{f_{red}}$ vorhanden wäre. $E_{f_{red}}$ =E. Wenn das Hookesche Gesetz gilt, kann $E_{f_{red}} = \gamma^2_{0red} = c' \varphi_{red}{}^2$ gesetzt werden. $\frac{d E_{f_{red}}}{d n} = \Delta E_f$ stellt di Abnahme der Formänderungsenergie mit Anwachsen de Schwingungszahl n oder den Energieverlust ΔE_f, bezoen auf eine Schwingung dar. Wir setzen ΔE_f in Beziung der Schwingungsenergie $E_{f_{red}}$ und schreiben:

$$\psi = \frac{\Delta E_f}{E_{f_{red}}} = \frac{d E_{f_{red}}}{E_f d n} = \frac{\Delta A}{A} = \frac{2 c \gamma_{0red} \, d \gamma_{0red}}{c \gamma_0{}^2{}_{red} \, d n}$$

$$= 2 \frac{d \ln \gamma_{0red}}{d n} = 2 \frac{d \ln \varphi_{red}}{d n} = 2 \delta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

A nd ΔA sind die auf die Volumeinheit bezogenen Engiegrößen. Das logarithmische Dekrement δ ist halb so groß wie die verhältnismäßige Dämpfung ψ. Gl. (1) git uns die Möglichkeit, das logarithmische Dekrement δ od die verhältnismäßige Dämpfung ψ, die wir im nafolgenden weiterverwenden werden, aus dem Ausschg φ oder der Randverformung γ_0 zu berechnen. Wenn wi die Ablesungen stets in den Augenblicken vornehmen,

RZ1607Z1

Abb. 1
Abhängigkeit der Spannung von der Formänderung.

RZ1607Z2

Abb. 2
Schema der Ausschwingmaschine.

a Stab *b* Fundament
c Schwungmasse

in denen die Schwungmasse c in der äußersten Lage ist ($E_k = 0$), dann ist die gesamte Schwingungsenergie als Formänderungsarbeit aufgespeichert. Es kann $E_{f_{red}} = E_f$ oder $\gamma_{0red} = \gamma_0$ gesetzt werden. Wir haben γ_0 oder φ in Abhängigkeit von der Schwingungszahl n vom Augenblick des Freigebens der Schwungmasse ab aufzutragen und können nach Gl. (1) ψ berechnen.

Die Drehausschwingmaschine

Bei der Einfachheit des Verfahrens ist es nicht zu verwundern, daß schon von vielen Seiten Ausschwingversuche zur Bestimmung der Werkstoffdämpfung angestellt worden sind[1]). Auch wir im Laboratorium für Festigkeitslehre und Schwingungstechnik an der Technischen Hochschule Braunschweig haben uns schon seit etwa fünf Jahren mit der Durchführung von Ausschwingversuchen befaßt, um die Werkstoffdämpfung zu ermitteln. Wir waren dabei in besonders günstiger Lage: Aus unsern Dauerversuchen wußten wir sehr genau, welche Werte für die Dämpfung bei Stäben aus Metall — nur bei diesen lassen sich die bei den Dauerversuchen notwendigen Temperaturmessungen in einfacher Weise durchführen — erhalten werden mußten. Wir fanden das überraschende Ergebnis, daß die Dämpfungsbestimmung nach dem Ausschwingverfahren viel höhere Werte für ψ lieferte als die Dauerversuche. Selbstverständlich hatten wir bei den ersteren die sofort erkennbaren Verluste der Ausschwinganordnung berücksichtigt, d. h. die Dämpfung, die nicht vom Baustoff, sondern von äußeren Einflüssen (Luftreibung, Schreibstiftreibung der Aufschreibevorrichtung usw.) herrührte.

Die Versuchsergebnisse, die wir an den ersten drei gebauten Maschinen erhielten, zeigten aber einwandfrei, daß daneben noch zusätzliche Verluste auftraten, deren Ursachen uns zuerst nicht bekannt waren und die die Ergebnisse vollständig entstellten. Erst den Arbeiten von Pertz, der eine vierte und fünfte Maschine immer auf Grund der mit den vorausgehenden Maschinen gemachten Erfahrungen baute, ist es gelungen, einwandfreie Ergebnisse zu erhalten[2]). Aus den Ergebnissen der Pertzschen Arbeit sei nur so viel hier wiedergegeben, daß das einwandfreie Arbeiten der Verdrehungs-Ausschwingmaschine insbesondere durch folgende Maßnahmen erreicht wurde, vergl. Abb. 3:

[1]) Rowett, Proc. of the R. S. of London Bd. 89; Feußner und Ramb, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 115; Bennewitz, Phys. Zeitschr. Bd. 25 (1924) S. 417; Esau, Schwingungstagung, Darmstadt 1928, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 32 S. 1121.

[2]) E. Pertz, Die Bestimmung der Baustoffdämpfung nach dem Verdrehungsausschwingverfahren. Braunschweig 1928. Ein kurzer Auszug ist im Bericht über die Schwingungstagung in Braunschweig März 1927 im VDI-Verlag veröffentlicht worden.

1. Bei der in Abb. 2 dargestellten Anordnung würden beträchtliche Energiebeträge ins Fundament abwandern. Um das zu verhüten, ist das Fundament selbst, Abb. 3, an einem 2,5 m langen, 2 mm dicken Draht *c* aufgehängt worden.
2. Um zusätzliche Biegungsschwingungen des Stabes zu verhüten, wird die Schwingungsanordnung bei *e*, Abb. 3, in besonderer Weise durch einen 2,5 mm dicken Zapfen geführt.
3. Zur Vermeidung von kleinen Bewegungen in den Einspannstellen des Stabes sind die Einspannungen *b* und *d* in besonderer Weise mit Führungsleisten ausgebildet worden.
4. Um zu Beginn der Schwingung eine möglichst reine Drehbewegung zu haben, wird die Schwungmasse *m* im gespannten Zustand von den beiden gleich weit von der Achse entfernten Magneten *f* gehalten, die plötzlich und gleichzeitig abgeschaltet werden.

Man sieht noch aus Abb. 3, daß auf dem Rahmen ein Schreibgerät *g* angeordnet ist, mit dessen Hilfe die Ausschwinglinie der Masse aufgezeichnet wird.

Bedeutung der Dämpfungsfähigkeit für die Beurteilung der Baustoffe

Wenn ein Baustoff nur rein elastische Verformungen ausführt ($\vartheta = 0$), so kann die Spannung an Störungsstellen (Oberflächenbeschädigungen oder Fehlern in der Gleichmäßigkeit des Aufbaues) auf ein Vielfaches ihres Wertes erhöht werden. Man nennt einen solchen Werkstoff spröde und das Gegenteil davon zäh. Man weiß aus der Erfahrung, daß spröde Stoffe trotz großer Festigkeit oft unvermutet und ohne feststellbaren Grund zu Bruch gehen. Man muß hier zwischen statisch spröden und zähen sowie dynamisch spröden und zähen Stoffen unterscheiden. Ein statisch zäher Stoff ist z. B. das Aluminium, während Porzellan ein statisch spröder Stoff ist. Ein dünnwandiger Körper aus Aluminium kann einen beträchtlichen Stoß, etwa durch Fall aus einer bestimmten Höhe, aushalten, ohne zu brechen. Die bleibende Verformung an der Stoßstelle nimmt die Stoßenergie auf und schützt weiter abliegende Teile. Ein Körper aus Porzellan geht unter den gleichen Bedingungen zu Bruch, da Porzellan keine wesentlichen statischen Verformungen ausführen kann — seine Bruchdehnung ist im kalten Zustand sehr klein.

Viele Brüche sind aber nicht auf einmalige Überanstrengungen, sondern auf die im Betrieb auftretenden millionenfach wiederholten Wechselbeanspruchungen zurückzuführen. Für die dynamische Bewährung eines Baustoffes ist es deshalb wesentlich, ob er plastische Verformungsanteile im millionenfachen Wechsel aushalten kann oder nicht. Wenn er es nicht kann, dann steigt die Spannung an den vorher genannten unvermeidbaren Störungsstellen auf ein Vielfaches des rechnungsmäßigen Betrages an. Wir haben vorhin gesehen, daß der plastische Verformungsanteil als Dämpfung in die Erscheinung tritt und durch den Wert ψ gemessen werden kann. Wenn man das Verhältnis der plastischen zur elastischen Verformung einer Randfaser (also γ_{pl} zu γ_{el}) mit $\lambda_0 = \frac{\gamma_{pl}}{\gamma_{el}}$ bezeichnet, dann ist mit guter Annäherung[3]) $\lambda_0 = 0{,}2\,\psi_0$. Die verhältnismäßige Randdämpfung ψ_0 kann dabei aus der mittleren Dämpfung ψ berechnet werden[4]). Für Stahl ist ψ_0 etwa $= 2{,}5\,\psi$ und folglich $\lambda_0 = 0{,}5\,\psi$.

Es ist wichtig, wie groß ψ_0 oder λ_0 für einen bestimmten Werkstoff bei Beanspruchungen an der Schwingungsfestigkeitsgrenze[5]) τ_{Schw} oder der entsprechenden Verformungsgrenze γ_{Schw} ist. Wir wollen diese Werte, die verhältnismäßige Grenzdämpfung ψ_{Schw} und das Grenzverformungsverhältnis λ_{Schw} nennen. Für Kupfer liegt z. B. ψ_{Schw} über 250 vH[6]) und demnach λ_{Schw} über

Abb. 3
Drehausschwingmaschine.

a Probestab	*e* Führungszapfen für die Schwingungsanordnung
b Fundament und Einspannung	*f* Magnete
c Aufhängedraht	*g* Schreibgerät
d Einspannung	*m* Schwungmasse

50 vH, d. h. Kupfer kann, ohne zu brechen, Schwingunge ausführen, bei denen die plastischen Verformungsantei mehr als halb so groß sind wie die elastischen. Bei eine besonders stark dämpfungsfähigen Stahl[7]) lag ψ_{Schw} a über 75 vH oder λ_{Schw} war über 15 vH. Diese beide Metalle, die auch große Bruchdehnung haben (statisch Zähigkeit), sind dynamisch zäh, d. h. die Spannung anstiege an Störungsstellen werden bei Wechselbeanspr chungen durch plastische Verformungsanteile gemildert. I Gegensatz dazu sind die meisten Leichtmetalle dynamisc spröde. Ihre verhältnismäßige Grenzdämpfung ψ_{Schw} lie unter 5 vH, λ_{Schw} also unter 1 vH. Sie brechen infolg dessen bei Wechselbeanspruchungen ohne irgendwelche ersichtlichen Grund an einer nachträglich nicht mehr a solche erkennbaren Störungsstelle. Der Umstand, daß die Leichtmetalle statisch zäh sind, also große Bruchdehnun aufzuweisen haben, täuscht oft über die tatsächlich vorha dene dynamische Sprödigkeit.

Auch bei Nichtmetallen kann die Ermittlung de Dämpfungsfähigkeit wertvolle Angaben über die Festi keitseigenschaften eines Werkstoffes liefern. Da üb diese Sache bisher in der Literatur so gut wie keine A gaben vorliegen, habe ich in Abb. 4 einige Dämpfung kurven für verschiedene Stoffe wiedergegeben, die auf d Ausschwingmaschine untersucht worden sind. Die Abszi sen geben den Randverformungswinkel γ_0 (bei rein elast scher Formänderung ist $\gamma_0 = \frac{\tau_0}{G}$ mit $\tau_0 =$ Randspannun und $G =$ Gleitmodul), und die Ordinaten die zugehöri mittlere bezogene Dämpfung ψ wieder. Um die einzeln Stoffe richtig beurteilen zu können, müßte man noch d Schwingungsverformung γ_{Schw} und die zugehörige Gren dämpfung ψ_{Schw} kennen. Für die untersuchten Hölzer si diese Werte nicht bekannt. Es ist zu vermuten, daß d ψ-Werte mit bis γ_{Schw} ansteigender Verformung beträch lich ansteigen würden, so daß ψ_{Schw} entsprechend der pra tisch feststellbaren dynamischen Zähigkeit des Holzes ve hältnismäßig hoch liegt.

Die untersuchten Glasstäbe, Abb. 4, sind uns von d Zeisswerken Jena zur Verfügung gestellt worden. W wissen, daß für sie γ_{Schw} unter 0,0007 liegt, da die Stä bei dieser oder noch geringerer Formänderung sch durch statistische Beanspruchung zerbrochen sind. D verhältnismäßige mittlere Grenzdämpfung ψ_{Schw} liegt al unter 5 vH. Glas ist demnach nicht nur statisch, sonde auch dynamisch ein sehr spröder Stoff. Ähnlich verh es sich mit den Stäben aus Porzellan, die uns von d Hermsdorfer Porzellanwerken gegeben worden sind.

[3]) Vortrag von O. Föppl auf dem Intern. Kongreß für angew. Mechanik, Zürich 1926.
[4]) Schweiz. Bauztg. Bd. 86 (1925) S. 281.
[5]) Unter Schubschwingungsfestigkeit τ_{Schw} versteht man den Grenzwert, den der Werkstoff in beliebig häufigem Belastungswechsel zwischen $+\tau_{max}$ und $-\lambda_{max}$ eben noch aushalten kann, ohne zu brechen.
[6]) Becker und Föppl, Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 304. Vergl. a. S. 1310.

[7]) Föppl, Z. f. Flugtechn. u. Motorl. Bd. 19 (1928) S. 2.

Besonders eingehende Versuche haben wir im Auftrage r Rheinisch-Westfälischen Sprengstoffwerke, Troisdorf, it den Kunststoffen Trolit und Trolon angestellt, die man der elektrotechnischen Industrie als Isolationsstoffe viel rwendet. Beide Stoffe sind wie alle Kunststoffe statisch röde, ihre Bruchdehnung ε_{Br} ist gering (< 1 vH); in r Kerbzähigkeit unterscheiden sie sich wenig vonein- .der, so daß man durch statische Untersuchungen keine esentlichen Unterschiede zwischen den beiden Stoffen ststellen kann. Die praktische Bewährung hat gezeigt, iß man bei den aus Trolon hergestellten Stücken scharfe bergänge und kleine Oberflächenbeschädigungen ver- piden muß, da sonst im Dauerbetrieb Brüche eintreten irden (dynamisch spröde). Trolit hat sich dagegen ;rade bei wechselnden Beanspruchungen als besonders derstandfähig bewiesen; es ist ausgesprochen dynamisch :h.

Die Eigenschaften dieser beiden Stoffe treten sehr deut- lh in den Kurven, Abb. 4, in die Erscheinung. Die hwingungsformänderung liegt für Trolit etwa bei $\gamma_{Schw} =$ 025. Für die Bestimmung der verhältnismäßigen Grenz- mpfung ψ_{Schw} ist zu beachten, daß die $\gamma_0\,\psi$-Kurve in n in Frage kommenden Gebiet nur wenig ansteigt. Es i also ψ_{Schw} nach Abb. 4 etwa gleich 80 vH, oder der ib führt bei Wechselbeanspruchungen bis zur Höhe der iwingungsfestigkeit zu 16 vH plastische und zu 84 vH estische Verformungen aus ($\lambda_{Schw} = 16$ vH). Das ist e verhältnismäßig großer Wert, der etwa der Grenz- mpfung eines zähen Baustahls entspricht. Trolit ist nh dem Ausschwingversuch in Übereinstimmung mit d praktischen Bewährung ein dynamisch zäher Stoff.

Auf der Dauerprüfmaschine[8]) ist die Schwingungsver- fmung von Trolon zu $\gamma_{Schw} =$ etwa 0,010 festgestellt wrden. Nach Abb. 4 ist die verhältnismäßige Grenz- dmpfung ψ_{Schw} nur etwa 4 bis 5 vH oder $\lambda_{Schw} =$ rd. 1 vH. Tolon, das wegen seiner guten Isolationseigenschaften vi verwendet wird, ist im Gegensatz zu Trolit ein dyna- mch spröder Stoff.

rgleich der Meßgenauigkeit der Ausschwingmaschine und der Dauerprüfmaschine

Bei der Ausschwingmaschine wird die Dämpfungs- fäigkeit aus der verhältnismäßigen Abnahme des Aus- sclages bestimmt. Man erhält unmittelbar die verhält- ninäßige Dämpfung ψ, aus der man die mittlere Dnpfung ϑ (cm kg/cm³ n) berechnen kann.

Im Gegensatz dazu wird bei der Drehschwingungs- Duerprüfmaschine von Föppl-Busemann die mittlere Dupfung ϑ unmittelbar aus der Temperaturerhöhung ge- fuden, aus der man mittels Division durch die in der Vumeinheit enthaltene bezogene mittlere Formänderungs- arbit $A \left(\frac{\text{cmkg}}{\text{cm}^3}\right)$ die bezogene Dämpfung ψ berechnen an. Die Meßgenauigkeit der Ausschwingmaschine wird desalb zweckmäßig im ψ-Wert und die der Dauerprüf- mschine im ϑ-Wert ausgedrückt.

[8]) Bauart Föppl-Busemann, hergestellt von Lehmann & Michels, Altna (Elbe), Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 142.

Abb. 4
Kurven der verhältnismäßigen Dämpfung.

Die Meßgenauigkeit der Dauer-Drehschwingmaschine (Lehmann & Michels, Altona/Elbe). Man kann einwandfrei einen halben Teilstrich im kleinen Meßbereich des Galvanometers ablesen. Dem entsprechen etwa 0,005 mV oder eine Temperaturerhöhung des Probestabes um 0,1°. Daraus kann der Kleinstwert der mittleren Dämpfung ϑ_{min}, der sich eben noch beobachten läßt, zu $0{,}4 \cdot 10^{-3}$ cm kg/cm³ n berechnet werden. Die mittlere bezogene Formänderungsarbeit A ist bei kreisförmigem Querschnitt gleich $\frac{\tau_0^2}{4\,G}$ mit $\tau_0 =$ Randspannung und $G =$ Gleitmodul. Der meßbare kleinste Wert für die verhältnismäßige Dämpfung ist bei Stahl ($G = 8 \cdot 10^5$ kg/cm²):

τ_0 . . . . . kg/cm²	300	600	1200	2400	4800
γ_0	$0{,}4 \cdot 10^3$	$0{,}75 \cdot 10^3$	$1{,}5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$
A . . . cmkg/cm³	0,028	0,11	0,45	1,80	7,2
ϑ_{min} . cm kg/cm³ n			$0{,}4 \cdot 10^{-3}$		
ψ_{min} . . . . . vH	1,4	0,36	0,09	0,022	0,0055

Zweckmäßigerweise würde man aber, wenn die Messung so kleiner Beträge erforderlich ist, die Drehzahl der Maschine, die normal etwa 700 U/min beträgt, auf den drei- bis vierfachen Betrag erhöhen mit dem Erfolg, entsprechend größere Ausschläge am Galvanometer zu erhalten. Die Zusammenstellung zeigt, daß die Messung von kleinen verhältnismäßigen Dämpfungswerten ψ bei geringen Formänderungen $\gamma_0 = \frac{\tau_0}{G}$ ungenau ist.

Die Meßgenauigkeit der Ausschwingmaschine. Auf der Ausschwingmaschine wird unmittelbar die verhältnismäßige Dämpfung ψ aus der Energieabnahme ΔA auf eine Schwingung bestimmt. Nach Gleichung (1) ist $\psi = \frac{\Delta A}{A}$ oder bei Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes, die für kleine Formänderungen immer zutrifft:

$$A = \frac{\tau_0^2}{4\,G} = \frac{\gamma_0^2\,G}{4}; \quad \Delta A = \frac{\left(\gamma_{0_1}^2 - \gamma_{0_2}^2\right) G}{4} = \sim \frac{\gamma_0\,\Delta\gamma_0\,G}{2} \quad (2).$$

Die Abnahme $\Delta\gamma_0 = \gamma_{01} - \gamma_{02}$ auf eine Schwingung soll klein sein gegen γ_{01}, so daß angenähert $\gamma_{01} = \gamma_{02} = \gamma_0$ und $\gamma_{01} + \gamma_{02} = 2\,\gamma_0$ gesetzt werden kann. γ_{01} und γ_{02} sind die Randverformungen bei zwei aufeinander folgenden Schwingungen. Es ist also nach Gl. (1) und (2) bei kleiner Dämpfung ψ angenähert:

$$\psi = \frac{2\,\Delta\gamma_0}{\gamma_0} = 2\,\delta \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

und das logarithmische Dekrement δ:

$$\delta = \frac{\Delta\gamma_0}{\gamma_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4).$$

Um die Genauigkeit einer solchen Drehungs-Ausschwingmaschine zu erproben, hat Pertz einen besonders wenig dämpfungsfähigen Werkstoff (gehärteten Kugellagerstahl) untersucht und dafür vor starker Beanspruchung[9]) folgende Werte erhalten:

γ_0	0,0005	0,001	0,002	0,003
τ_0 . . . . . kg/cm²	400	800	1600	2400
ψ . . . . vH	0,032	0,043	0,086	0,15

Der kleinste gemessene Wert liegt nach dieser Zusammenstellung bei $\psi = 0{,}32 \cdot 10^{-3}$. Die gesamte in die Erscheinung tretende Dämpfung war bei dieser kleinen Formänderung zu etwa 80 vH auf die in der Größe berechenbare Luftdämpfung und Schreibstiftreibung zurückzuführen, während nur 20 vH des Gesamtwertes auf die Werkstoffdämpfung fiel. Mit diesen Werten ist man wohl an der Grenze der Meßgenauigkeit bei der Ausschwingmaschine. Bei ganz kleinen Ausschlägen versagt auch die Ausschwingmaschine, da dann die aufgespeicherte Formänderungsenergie zu klein gegen die unvermeidbaren Verluste wird. In diesen Fällen hat aber auch die Bestimmung der Werkstoffdämpfung in der Regel kein prak-

[9]) Pertz a. a. O. Abb. 42 (S. 61).

tisches, sondern vielleicht nur noch physikalisches Interesse.

Beim Vergleich der Zuverlässigkeit der beiden Verfahren zur Bestimmung der Werkstoffdämpfung ist zu beachten, daß die Dämpfung auf der Dauer-Drehschwingmaschine als Integralwert über eine große Anzahl von Schwingungen erhalten wird. Die Dämpfung auf der Ausschwingmaschine wird dagegen als Unterschied der Ausschläge von zwei aufeinanderfolgenden Schwingungen bestimmt, wobei die äußeren Einflüsse als Fehlerquellen berücksichtigt werden müssen. Das erstere Verfahren liefert deshalb im allgemeinen viel zuverlässigere Ergebnisse als das letztere. Die einfache Bestimm der Dämpfung mit Hilfe der Thermomessung beim Da verfahren versagt bei Nichtmetallen, die deshalb zw mäßig nach dem Ausschwingverfahren auf dynamis Zähigkeit untersucht werden. Das Ausschwingverfah hat ferner den Vorteil, daß man die gesamte Dämpfun kurve eines Werkstoffes in wenigen Minuten aufnehn kann. Sobald man aber die Schwingungsfestigkeit mitteln will oder die Veränderung, die die Dämpfun fähigkeit bei Überstehen von einer größeren Zahl Spannungswechseln erleidet, kann man die Versuche auf der Dauerschwingmaschine durchführen. [B 1607

40 t-Wippkran

Beim Entwurf feststehender Schwerlastkrane für den Schiffbau und das Verladen schwerer Einzellasten taucht immer wieder erneut die Frage auf, wie hoch muß die Auslegerspitze liegen, damit ein reibungsloses Arbeiten des Kranes im Hinblick auf die Schiffsmasten gewährleistet ist. Vor allem bei der häufig angewandten Bauart dieser Krane als Hammerkrane mit Laufkatze oder Drehkran auf einem wagerechten Ausleger ist diese Frage von ausschlaggebender Bedeutung. Außerdem macht sich noch der Nachteil empfindlich bemerkbar, daß infolge der großen Höhe des Auslegers die Last an sehr langen frei pendelnden Seilen hängt.

Bei der Ausarbeitung von Entwürfen zu einem 40 t-Kran von 25 m Ausladung für die Altonaer Quai- und Lagerhausgesellschaft wurde nun von der Demag-Aktiengesellschaft der Vorschlag gemacht, diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen durch Aufstellung eines Wippkrans mit wagerechtem Last- und Schnabelrollenweg in der von dieser Firma bereits mehrfach ausgeführten Bauart als Doppellenkerkran. Gegenüber dem ursprünglich in Aussicht genommenen Hammerkran mit Laufkatze im Ausleger weist diese Bauart mehrere Vorteile auf. Bei der Wahl der Rollenhöhe braucht nur mehr auf die höchste Lage des Schiffbords und die Höhe der größten zur Verladung kommenden Lasten Rücksicht genommen zu werden. Mußte für den Hammerkran eine lichte Höhe von 32 m vom Kai bis zur Unterkante des Auslegers vorgesehen werden, so genügt hier eine Höhe von 20 m vollkommen. Infolgedessen wird das lästige Pendeln der Last erheblich eingeschränkt. Trotz seiner niedrigen Bauhöhe kann Kran durch Verringerung der Ausladung allen Hind nissen ausweichen und eine Ringfläche von 50 m größ und 20,4 m kleinstem Durchmesser bestreichen. Die das Bewegen des Auslegers erforderliche Arbeit ist ring, da die Last dabei nicht gehoben wird. Während dem Turmkran die verschiedenen Getriebe weit auseinan aufgestellt sind, ist beim Wippkran alles in der Nähe Führerstandes untergebracht.

RZ1411Z2

Abb. 1
Wippkran von 40 t Tragfähigkeit, erbaut von der Demag, Aktiengesellschaft, Duisburg.

10200
25000
10000
12150
RZ1411Z1

Abb. 2
Aufbau und Hauptabmessungen des Wippkranes, Abb. 1.
Größter Hakenhub 20 m über, 10 m unter Kaikante.

Hierzu kommt noch, daß gerade Wippkrane mit Dopp lenkerausleger als Schwerlastkrane besonders geeignet si Würde, wie es bei andern Bauarten der Fall ist, die A legerspitze hochsteigen, so müßte das Seil durch die me strängige Hakenflasche laufen und außerdem noch du eine weitere Flasche, die für den Seilausgleich zur zielung des wagerechten Lastweges zwischen der A legerspitze und dem Hubwerk eingebaut werden müßte. nach der Tragfähigkeit des Kranes hätte also das Seil b Wippen über zwölf oder noch mehr Rollen zu laufen. dem Wippkran mit wagerechtem Weg der Schnabelr bleibt dagegen die pendelnde Seillänge stets gleichmä kurz, und das Lastseil wird beim Wippen überhaupt ni über Rollen bewegt. Das schränkt in erster Linie den S verschleiß ganz erheblich ein, und außer der beträchtlic Ersparnis an Arbeit erreicht man ein bequemeres Arbei infolge der übersichtlichen Bahn der Schnabelrolle.

Der Kran, Abb. 1 und 2, ist als Portaldrehkran a gebildet. Der Ausleger zeigt die Bauart als Lemniskat lenker, er erhält seinen Antrieb von dem auf dem D des Kranhauses aufgestellten Einziehgetriebe. Das Einzi werk überträgt die Bewegung auf den Ausleger durch z Ritzel und Triebstocksegmente. Der Auslegerkopf kom beim Einziehen mit den Flaggenleinen zwischen den Mas und den Antennen nicht in Berührung, da er sich unter die herschiebt. Zur Begrenzung der Endstellungen dienen E schalter. Eine Bewegung des Auslegers von größter zu kleinster Ausladung oder umgekehrt dauert etwa 4 Das Hubwerk ist mit einem Wechselvorgelege versehen, daß zwei Geschwindigkeiten möglich sind. Lasten bis 12,5 t Gewicht werden mit 17 m/min, größere bis zu 4 mit 5,5 m/min gehoben. [M 1411]

Stauring-Mengenmessung von strömendem Dampf

Von Dr.-Ing. Walter Pflaum, Berlin

Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule, Danzig; Auszug aus Heft 298 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure

Zweckmäßige Bauweise von Stauringen — Störungen der Messungen durch kondensierten Dampf und Oberflächenspannungen und ihre Beseitigung — Versuche über die Abhängigkeit des Beiwertes und der Durchflußziffer von den Abmessungen des Stauringes, vom Dampfzustand, vom Meßdruck und von der Lage der Druckentnahmestellen — Vergleich mit andern Arbeiten

Das einfachste Meßgerät zur Messung strömender Flüssigkeits- oder Gasmengen ist der Stauring. Er wird in verschiedenen Ausführungen gebaut, die sich vor allem durch die Art und durch die Lage der Druckentnahmestellen unterscheiden, Abb. 1 und 2. Die Druckverteilung längs eines Rohres bei Einbau einer scharfkantigen Verengung zeigt Abb. 3.

Die praktische Messung verlangt kleinen Druckverlust Δp_0 bei möglichst großem Ausschlag am Druckunterschiedmesser. Man erreicht dies durch Messen im engsten Strahlquerschnitt, entsprechend dem Druckunterschied Δp_e, durch Heranziehung des Staudruckes $\frac{w_{0_1}^2}{2g}\gamma$ der Flüssigkeitströmung vor dem Stauring und durch Benutzung einer Anzeigeflüssigkeit von geringem spez. Gewicht. Außerdem ist einfache Bauweise, Anordnung der Druckentnahmestellen im Stauring selbst und leichte Änderung des Öffnungsverhältnisses erwünscht.

Für diese Arbeit wurde der Stauring nach Abb. 2 und 4 ausgeführt[1]). Die Untersuchungen führten schließlich zu der in Abb. 5 bis 7 dargestellten Form.

Die Versuche sollten die Abhängigkeit des Meßdruckes von den Eigenschaften und der Geschwindigkeit des strömenden Stoffes, vom Rohrdurchmesser und von der konstruktiven Ausführung des Stauringes festlegen.

Da bisher Untersuchungen dieser Art nur mit Wasser oder Luft vorgenommen worden waren, schien es wünschenswert, auch Versuche mit Dampf auszuführen[2]). Ferner war aus früheren Arbeiten[3]) bekannt, daß bei Dampf und geringen Meßdrücken Kondensationserscheinungen und Oberflächenspannungen die Messung erschweren. Es mußte daher versucht werden, diese Einflüsse auf ein für die Messung erträgliches Maß herabzudrücken. Durch Messungen des Druckverlaufes vor und hinter dem Stauring wurde der Staudruck, Druckrückgewinn und Druckverlust bestimmt, was auch den Vergleich mit anderen Arbeiten ermöglichte.

Zwischen der durch die Stauringöffnung f in der Zeiteinheit fließenden Stoffmenge G vom spez. Gewicht γ und dem Meßdruck Δp gilt die bekannte Gleichung

[1]) Bauart von Siemens & Halske A. G., Berlin-Siemensstadt.
[2]) Die ebenfalls an Dampf aber unter anderen Gesichtspunkten ausgeführten Versuche von Odquist in der Techn. Hochschule Stockholm (1921 bis 1924): „Das Ähnlichkeitsgesetz bei Dampfströmungen" und dessen Anwendung auf die Theorie der Dampfmessung mit Drosselscheiben", Jngeniörs Vetenskaps Akademien, Handlingar No. 43, Stockholm 1925, sind mir erst bei Abfassung dieses Auszuges bekannt geworden. Meine Versuche fallen in die Jahre 1924 bis 1925.
[3]) Quellennachweis Forsch.-Heft 298 S. 41.

Abb. 1

Abb. 2

Abb. 1 und 2 Schema der Druckentnahmearten.

Abb. 3
Druckverlauf in einem Rohr mit Stauring.

Abb. 4. Schema des Stauringes.

a Stauring (auswechselbar)
b Fassung
c Druckentnahme
d_0 Stauringdurchmesser
s Stauringdicke
s_R Stauranddicke
d_F Fassungsdurchmesser

Abb. 5 und 6. Schnitt durch den Stauring.

Abb. 7
Ansicht des Stauringes (maßstäblich).

a Leitung vom Stauring zum Ausgleichbehälter
b „ zum Druckunterschiedmesser

$$G = k f \sqrt{2 g \Delta p \gamma} \text{ [kg/s]} \quad \ldots \ldots \quad (1),$$

worin g die Beschleunigung der Schwere und k ein Beiwert ist, der noch von der Zuströmgeschwindigkeit, der Lage der Druckentnahmestellen, den Abmessungen des Stauringes, der Rauheit der Rohrwand, vom Rohrdurchmesser, vom thermodynamischen Zustand des Stoffes und seinen physikalischen Eigenschaften abhängt. Dieses summarische Vorgehen ist für die praktische Messung bequem, solange es noch unmöglich ist, die Abhängigkeit des Beiwertes von allen Einflüssen allgemein zu übersehen. Deshalb wurde auch die einfache, praktisch bequeme, aber nur für nicht zusammendrückbare Flüssigkeiten streng gültige Gl. (1) der Auswertung zugrundegelegt und der Einfluß der Volumenänderung in den k-Wert einbezogen. Dies ist um so eher berechtigt, als praktische Messungen in der Regel nur bei Druckunterschieden stattfinden, die die Änderung des spezifischen Volumens ganz zu vernachlässigen erlauben.

Da die bisherigen Ansätze für eine rechnerische Darstellung[4]) der Versuchsergebnisse nur zu empirischen Gleichungen von sehr beschränkter Gültigkeit geführt haben, wurden die Ergebnisse ohne den Versuch einer formelmäßigen Fassung nur zeichnerisch dargestellt.

Von vielen Beobachtern wird an Stelle des in die Gl. (1) eingeführten Beiwertes k eine Durchflußzahl μ_e benutzt, die durch die Gleichung

$$G = \mu_e f w_e \gamma \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

bestimmt ist. In dieser Gleichung bedeutet w_e die Strömungsgeschwindigkeit im engsten Strahlquerschnitt, die sich aus der Gleichung

$$\frac{w_e^2 - w_{0_1}^2}{2 g} = \frac{p_{0_1} - p_e}{\gamma} = \frac{\Delta p_e}{\gamma} \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

ergibt. Darin ist w_{0_1} die mittlere Strömungsgeschwindigkeit und p_{0_1} der Druck im Rohr vor dem Stauring, Abb. 3.

Ist F der Rohrquerschnitt, so gilt auch

$$G = F w_{0_1} \gamma \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4).$$

Führt man zur Abkürzung das Öffnungsverhältnis des Stauringes zum Rohre $m = f : F$ ein, so ergibt der Vergleich von Gl. 1, 2, 3 und 4 zwischen dem auf die Druckmessung im engsten Strahlquerschnitt bezogenen allgemeinen Beiwert k_e und der entsprechenden Durchflußziffer μ_e die Beziehung

$$\mu_e = \frac{k_e}{\sqrt{1 + m^2 k_e^2}} \quad \ldots \ldots \quad (5).$$

Andere Beobachter haben die Druckmessung nicht unmittelbar am Stauring, sondern in genügender Entfernung davor und dahinter, also in der noch ungestörten und in der wieder rückgebildeten Strömung vorgenommen, entsprechend den Stellen a und c von Abb. 3. Die Durchflußzahl hat man hierbei in der Regel unter Zugrundelegung der Gleichung für den Carnotschen Stoßverlust

$$\frac{p_{0_1} - p_{0_2}}{\gamma} = \frac{(w_e - w_{0_1})^2}{2 g}$$

ermittelt, wobei p_{0_2} der Druck in der rückgebildeten Strömung hinter dem Stauring ist.

Deshalb soll auch hier, um Vergleiche mit den anderen Arbeiten anstellen zu können, diese Gleichung benutzt werden. Verwendet man für diese Messungen in der ungestörten und rückgebildeten Strömung den Zeiger „o", so erhält man zwischen der Durchflußziffer μ_0 und dem Beiwert k_0 die Beziehung*

$$\mu_0 = \frac{k_0}{1 + m k_0} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6).$$

Würde die Gleichung des Carnotschen Stoßverlustes den Druckabfall genau wiedergeben, so müßte die Berechnung der Durchflußzahl aus Messungen des Beiwertes k_e im engsten Strahlquerschnitt nach Gl. (5) denselben Wert ergeben wie bei Messung des Beiwertes k_0 in der rückgebildeten Strömung nach Gl. (6). Das ist aber, wie meine Versuche zeigen, nicht der Fall.

[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 703 u. 851 und Odquist a. a. O.

Abb. 8
Schema der Versuchsanlage.

a Dampfkessel	k Ausgleichbehälter
b Drosselventil	l Kreiselpumpe
c Belastungsventil	m Wägebehälter
d Oberflächenkondensator	n Ausgleicher
e Pumpe	p Übergangsstück
f Waage	q, r Teilräume von n
g_{01}, g_1 Manometer	s Sammelstutzen
h Temperaturstutzen	v_1, v_2 v_3 Ventile
i Druckunterschiedmesser	

Versuchsanlage und Durchführung der Versuche

Abb. 8 zeigt die Versuchsanlage. Der aus dem Ke sel a kommende Dampf tritt hinter dem Drosselventil in die Meßstrecke, die den Stauring und die Stutzen u Anschlüsse für Temperatur- und Druckbestimmungen e hält. Hinter der Meßstrecke muß der Dampf das Reg ventil c durchströmen und tritt dann durch eine wei Rohrleitung in den Oberflächenkondensator d, wo er nied geschlagen wird. Von hier wird das Kondensat durch d Pumpe e der Waage f zugeführt.

Durch das Drosselventil b wird der Dampf auf den der Meßstrecke gewünschten Druck gebracht. Gleichzeit werden mit dem Regelventil c die gewünschten Versuch bedingungen eingestellt. Der Dampf war in der Regel n so weit überhitzt, daß mit Sicherheit jedes Auftreten v Feuchtigkeit vermieden wurde.

Der Dampfdruck betrug 3 bis 11 at und der Meßdru an den Druckunterschiedmessern blieb unter 1000 mm W.- so daß der Einfluß der Volumenänderung des Dampf vernachlässigt werden konnte. Die Reynoldsschen Zahle berechnet aus dem Rohrdurchmesser und der mittler Strömungsgeschwindigkeit vor dem Stauring, betrug 80 000 bis 500 000. Nur beim Rohr von 50 mm Dmr. wu den für 5 verschiedene Öffnungsverhältnisse m die Me drücke bis auf 1 at bei einem Dampfdruck von 5,5 at g steigert, um die Abhängigkeit des Beiwertes vom Me druck zu untersuchen. Die Reynoldsschen Zahlen dies Versuchsreihe lagen zwischen 120 000 und 625 000.

Der Dampfdruck wurde mittels geeichter Röhre federmanometer sehr genau gemessen. Die Temperat wurde mit Quecksilberthermometern in besonders ko struierten Stutzen in festgelegten Entfernungen vor u hinter dem Stauring bestimmt. Versuche mit Naßdam und Rechnungen über die Größe der durch den Temperatu stutzen abgeleiteten Wärmemenge ergaben eine mindeste auf ½ ° genaue Temperaturmessung.

Als Anzeigeflüssigkeit bewährte sich Aethylenbromi $C_2H_4Br_2$. Nur bei den Versuchen mit hohen Meßdrück wurde Quecksilber als Anzeigeflüssigkeit benutzt. I über der Anzeigeflüssigkeit Kondenswasser steht, ist n der Gewichtsunterschied gegen Wasser wirksam. D spezifische Gewicht $\gamma_A = f(t)$ von Äthylenbromid ist a Grund eigener Versuche neben dem von Quecksilber Abb. 9 dargestellt.

Die größten Schwierigkeiten bereitete die einwandfr Messung der geringen Druckunterschiede. Als Ursac der unruhigen Druckanzeige und der unregelmäßigen V

Abb. 10 (links)
Der Beiwert $k = f(m)$ bei $D = 50$, 80 und 100 mm Rohr-Dmr.

Abb. 11 (rechts)
Der Beiwert $k = f(s)$ bei $m = 0{,}268$, 0,390, 0,523, 0,622 am Rohr von $D = 80$ mm Dmr.

Abb. 9
Das wirksame spezifische Gewicht der Anzeigeflüssigkeit.

$\gamma_1 = f(t);\ \gamma_1 = \gamma_{C_2H_4Br_2} - \gamma_{H_2O}$

…rungen des Nullpunktes im Druckunterschiedmesser wurde schließlich die Bildung von Wassertröpfchen in den Druckentnahmebohrungen erkannt, deren Oberflächenspannung sie wie eine Gummimembran wirken ließ.

Aus theoretischen Überlegungen und auf Grund von Versuchen an einem Glasmodell wurden Maßnahmen ermittelt, die Bildung dieser Wassertröpfchen zu verhindern. Abgesehen von einem geringeren Einfluß der Lage der Bohrung, schräg, wage- oder senkrecht, kommt es wesentlich auf den Durchmesser der Bohrung in der Zuleitung zum Druckunterschiedmesser an. Bei Dampf erwies sich in den untersuchten Druckgrenzen eine Öffnung von mindestens 6 bis 10 mm als notwendig. Dabei gilt der größere Wert für niedrigeren Druck, weil die Oberflächenspannung mit sinkendem Druck zunimmt. Öffnungen dieser Größe ergaben eine einwandfreie Druckunterschiedmessung.

Von Bedeutung sind noch die in Abb. 7 erkennbaren Ausgleichbehälter, mit deren Hilfe Wasserspiegel stets gleicher Höhe über der Anzeigeflüssigkeit in den Druckunterschiedmessern erzielt wurden.

Einfluß des Öffnungsverhältnisses und des Rohrdurchmessers auf den Beiwert

Bei drei Rohren von 50, 80 und 100 mm l. W. wurden Messungen des Beiwertes für fünf Öffnungsverhältnisse in den Grenzen von $m = 0{,}127$ bis 0,622 durchgeführt. Der Stauring entsprach Abb. 4 bis 7, dabei war die Fassung stets 20 mm dick. Für die verschiedenen Öffnungsverhältnisse wurden verschieden große Stauringe eingesetzt.

Die gefundene Abhängigkeit $k = f(m)$ ist in Abb. 10 für die drei Rohrdurchmesser dargestellt. Der auffallende Einfluß des Rohrdurchmessers auf den Beiwert ist zum größten Teil auf die für alle Rohrdurchmesser gleichbleibende Dicke der Stauringfassung zurückzuführen. Dabei liegen die Druckentnahmestellen für verschiedene Rohrdurchmesser nicht geometrisch ähnlich zum Strahl, und außerdem verschiebt sich noch die hintere Druckentnahmestelle relativ gegen den Strahl wegen der Verlagerung des engsten Strahlquerschnittes mit dem Öffnungsverhältnis, Abb. 11. Außer diesen beiden Einflüssen, die das Verhältnis des Meßdruckes zum größten Druckunterschied ändern, ist aber noch ein unmittelbarer Einfluß des Rohrdurchmessers vorhanden.

Mit zunehmendem Rohrdurchmesser nähert sich die Abhängigkeit des Beiwertes vom Öffnungsverhältnis einer Grenzkurve, die bei $D = 500$ mm praktisch erreicht ist, wie aus dem Vergleich mit Versuchen von Wenzl und Schwarz[5]), sowie von Spitzglass[6]) hervorgeht. Diese Grenzkurve ist in Abb. 10 eingetragen.

Einfluß der Abmessungen des Stauringes auf den Beiwert

Zuerst wurde der Einfluß der Dicke der Stauringfassung s, der Stauringranddicke s_R und des Fassungsdurchmessers d_F, Abb. 4, auf den Beiwert untersucht. Beim Rohr von 80 mm Dmr. wurde die Dicke der Stauringfassung durch entsprechende Ansätze in fünf Stufen von 20 bis 40 mm geändert und in jeder Stufe der Beiwert für vier Öffnungsverhältnisse ermittelt. Dabei ergab sich die in Abb. 11 dargestellte Abhängigkeit des Beiwertes von der Dicke der Stauringfassung.

Die Ursache dieser Abhängigkeit ist die relative Verschiebung der Lage der Druckentnahmestellen gegen den Strahl. In Abb. 11 kennzeichnet die strichpunktierte Linie die Stellen des Druckminimums, das mit dem engsten Strahlquerschnitt zusammenfallen dürfte. Der engste Strahlquerschnitt liegt beim Rohr von 80 mm l. W. je nach dem Öffnungsverhältnis 0,2 bis 0,35 D hinter der Öffnung. Eine Verschiebung des engsten Strahlquerschnittes scheint aber, wie die Versuche vermuten lassen, auch bei Änderung des Rohrdurchmessers unter Einhaltung der geometrischen Ähnlichkeit, also bei gleichem Öffnungsverhältnis, aufzutreten. Es ist daher für das praktische Messen am zweckmäßigten, für alle Öffnungsverhältnisse und auch für verschiedene Rohrdurchmesser mit der gleichen Dicke der Stauringfassung zu arbeiten.

Die völlige Rückbildung der Strömung, Stelle c in Abb. 3, trat bei 5,5 bis 6,5 D auf. Nach Spitzglass soll dieser Punkt bei 4,5 bis 5,5 D liegen, während A. O. Müller[7]) auf Grund der Versuche von Brandis[8]) mit 8 D gerechnet hat. Auch hierbei wird der Rohrdurchmesser eine Rolle spielen.

Die Stauringranddicke s_R, Abb. 4, wurde in den Grenzen $s_R = 0$ bis 3 mm geändert. Dabei zeigt sich eine geringe Zunahme des Beiwertes mit wachsender Randdicke, Abb. 12, die immerhin eine sorgfältige Herstellung des Randes fordert. Als normale Dicke wird aus praktischen Gründen $s_R = 0{,}5$ mm vorgeschlagen. Hiermit und mit 20 mm Dicke der Stauringfassung sind alle andern Versuche dieser Art durchgeführt worden. Der Fassungs-

[5]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 1130.
[6]) Vergl. Spitzglass, Orifice Coefficients, Data and Results of Tests. Mechanical Engineering, Bd. 45 (1923) S. 342.
[7]) Vergl. A. O. Müller, Messungen von Gasmengen mit der Drosselscheibe. Forschungsheft 49 Z. Bd. 52 (1908) S. 285.
[8]) Vergl. Brandis, Exakte Messung der durch eine Leitung strömenden Gasmenge mittels Drosselscheibe. Diss. Aachen 1913.

Abb. 12
Der Beiwert $k = f(s_R)$ bei $m = 0{,}1406$, $0{,}390$, $0{,}563$ am Rohr von $D = 80$ mm Dmr.

Abb. 14
Der Staudruck Δp_{St} in Abhängigkeit vom Meßdruck Δp am Rohr von $D = 80$ mm Dmr. bei verschiedenen Öffnungsverhältnissen m und Dampfdrücken p_1.

durchmesser d_F wurde bei einem Rohr von $D = 80$ mm l. W. bis auf 4 mm demjenigen der Stauringöffnung genähert, ohne daß ein Einfluß auf den Beiwert erkennbar war.

Einfluß des Dampfzustandes auf den Beiwert

Beim Rohr von 80 mm l. W. wurde ein Druckbereich von 3 bis 11 at bei Überhitzungen bis zu 45° untersucht, ohne daß sich innerhalb der Versuchsgenauigkeit von 0,5 vH eine Abhängigkeit des Beiwertes vom Dampfzustand erkennen ließ. Die Ursache hierfür sind wohl die großen Reynoldsschen Zahlen von 80 000 bis 500 000. Die kinematische Zähigkeit änderte sich dabei in den Grenzen von 0,37 bis 0,88 cm/s[9]).

Ergänzende Versuche[10]), die mit einem Rohrdurchmesser $D = 50$ mm und Drücken von 3 bis 11 at ausgeführt wurden, lassen eine Abnahme des Beiwertes mit abnehmendem Druck vermuten, die bei geringen Drücken größer zu werden scheint. Es ist, als ob diese Abhängigkeit auch bestehen bleibt, wenn man auf gleiche Reynoldssche Zahlen umrechnet.

Einfluß des Meßdruckes auf den Beiwert

Der Meßdruck wurde bei einer Versuchsgruppe für einen Rohrdurchmesser von $D = 50$ mm bis auf 1 at bei 5,5 at Druck vor dem Stauring gesteigert. Dabei ergab sich eine geradlinige Abnahme des Beiwertes mit steigendem Meßdruck. Der daraus abgeleitete Berichtigungswert stimmt aber mit dem theoretischen, der sich als Quotient der nach der angenäherten und genaueren Durchflußformel berechneten Durchflußmengen ergibt, nicht ganz überein.

Der Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß sich der theoretische Berichtigungswert auf Messung im engsten Strahlquerschnitt bezieht, während in Wirklichkeit die Druckmessung nicht genau im engsten Querschnitt erfolgte und sich ihr Ort auch bei Änderung des Öffnungsverhältnisses gegen den engsten Querschnitt verschob. Deshalb hängt der wirkliche Berichtigungswert im Gegensatz zum theoretischen auch vom Öffnungsverhältnis ab.

[9]) Berechnet nach den Versuchen von Speyerer. Forschungsheft 273. Z. Bd. 69 (1925) S. 747.

[10]) Von G. Kroeske an der Versuchseinrichtung des Verfassers im Masch. Lab. der T. H. Danzig als Diplomarbeit ausgeführt.

Abb. 13
Schematische Darstellung der Teildrücke.

Abb. 15
Gesamtdarstellung der Teildrücke für D = 50, 80 und 100 mm Rohr-Dmr.

Zerlegung des Meßdruckes in die Teildrücke

Der Meßdruck Δp läßt sich in Teildrüc[ke] Staudruck Δp_{St}, Druckrückgewinn Δp_R und Druckv[er]lust Δp_0 gemäß Abb. 13 zerlegen. Sämtliche Teildrüc[ke] hängen für verschiedene Öffnungsverhältnisse geradli[nig] mit dem Meßdruck zusammen. Abb. 14 zeigt beispielswe[ise] diese Abhängigkeit für den Staudruck Δp_{St}, der weg[en] seiner Kleinheit am schwersten zu bestimmen war.

Eine Zusammenfassung der auf den Meßdruck [be]zogenen Größe der Teildrücke in Abhängigkeit vom Ö[ff]nungsverhältnis gibt Abb. 15. Man findet mit zunehm[en]dem Rohrdurchmesser eine Abnahme des Druckverlus[tes] Δp_0 und eine Zunahme des Druckrückgewinnes Δp_R [so]wie des Staudruckes Δp_{St}. Auch hier nähert man si[ch] mit zunehmendem Rohrdurchmesser bald einem Grenzwe[rt]. Zum Vergleich ist auch die Kurve des Druckverlustes e[in]getragen, die die Regeln über Leistungsversuche an L[üf]tern und Kompressoren angeben und die demnach [der] Wirklichkeit nicht ganz entspricht.

Der Staudruck hat mit 10 vH bei einem üblichen Ö[ff]nungsverhältnis $m = 0{,}6$ immerhin einen merklichen A[n]teil am Meßdruck, wobei 40 vH der vorhandenen Geschw[in]digkeitshöhe bei einem Rohr von $D = 80$ mm l. W. a[us]genutzt werden. Dieser Betrag wächst mit zunehmend[em] Rohrdurchmesser, nähert sich aber ebenfalls ein[em] Grenzwert.

Vergleich der Versuchsergebnisse mit andern Arbeit[en]

Die Bestimmung des Beiwertes k_e bei Messu[ng] im engsten Strahlquerschnitt und k_0 in der rü[ck]gebildeten Strömung, den Stellen b und c in Abb.

Abb. 16
Der Beiwert $k_0 = f$ (m) verschiedener Forscher.

Abb. 17
Die Durchflußzahl $\mu_d = f$ (m) für Wasser, Luft und Dampf.

Abb. 18
Der Beiwert $k = f$ (m) verschiedener Herkunft.

erlaubt mittels der Gl. (5) und (6) die Durchflußzahl zu berechnen. Aus Gl. (6) muß sich bei Gültigkeit der Gleichung für den Carnotschen Stoßverlust und richtiger Einführung des Druckverlustes von b bis c infolge Rohrreibung der gleiche Wert wie aus Gl. (5) ergeben. Die Versuche zeigen jedoch vor allem bei großen Öffnungsverhältnissen merkliche Unterschiede zwischen μ_e und μ_0.

Man kann also Messungen in der rückgebildeten Strömung nicht zur Bestimmung der Durchflußzahl benutzen und die Beiwerte k_0 nicht ohne weiteres auf andre Meßeinrichtungen übertragen. Wie unsicher dieser Ausgangspunkt ist, zeigt Abb. 16. Hier weichen die Beiwerte verschiedener Forscher erheblich voneinander ab, während die aus k_e berechneten Durchflußzahlen verschiedener Herkunft mit meinen Versuchsergebnissen sehr gut übereinstimmen, Abb. 17, wenn man den in dieser Abbildung noch vorhandenen Einfluß der Zähigkeit und des Rohrdurchmessers berücksichtigt.

Die neuerlich bekannt gewordenen Einzelwerte von Odquist entsprechen gut meiner Kurve, besonders wenn der Einfluß des Rohrdurchmessers beachtet wird.

Weitere Vergleiche auch mit den Ergebnissen von Wenzl und Schwarz und von Spitzglass führen zu der praktisch gültigen Grenzkurve, worin der Einfluß des Rohrdurchmessers, Abb. 10, verschwindet. Aus Abb. 18 geht dieser Grenzbeiwert für die benutzte Stauringbauart, sowohl für Dampf als auch für Luft, hervor. [B 1296]

Neuartige Bandweblade

Der wesentliche Bestandteil der Bandwebstühle ist die Weblade, in der sich der eigentliche Webevorgang vollzieht. Alle Verbesserungen dieser Weblade zielten immer auf Produktionssteigerung. Man vergrößerte die Breite der Stühle und erhöhte die Arbeitsgeschwindigkeit. Neuerdings hat die Firma Arnold & Kuttruff, Basel, einen Bandwebstuhl gebaut, der es gestattet, in jeder Bandlücke gleichzeitig mindestens zwei Bänder herzustellen, während bisher in der Bandlücke immer nur ein Band gewebt werden konnte. Die neue Anordnung bringt es mit sich, daß die Zahl der Schäfte und Litzen und die Breite des ganzen Webstuhles auf die Hälfte herabgesetzt wird. Auch ist es möglich, Abb. 1, mit einer einzigen Zahnstange zum Antrieb zweier Schützenreihen auszukommen. Diese Zahnstange liegt zwischen den beiden Schützenreihen, geht also durch die Mitte der Bandlücke hindurch. Abb. 2 zeigt Einzelheiten der Bauart und Abb. 3 die Gesamtansicht eines Stuhles zum gleichzeitigen Weben von 108 Bändern (108 Gänge).

In derselben Zeit wird also mit der neuen Bandweblade die doppelte Leistung hervorgebracht. Das bedeutet Ersparnis an Löhnen, an Antriebkraft und Verminderung

Abb. 1. Anordnung der Schützen und des Schützenantriebes.
a Schützen, b Schützenführung, c Antriebzahnstange, d Antriebrad, e Bandlücken

Abb. 2. Bandlücke mit Kette, Schützen und Schützenführungen; dahinter die Litzen, die durch Jacquard-Maschine gesteuert werden.

der allgemeinen Unkosten. Bei einem Vergleichsversu leistete ein mit der neuen Weblade ausgerüsteter Stuhl 108 Gängen 788,08 m, ohne diese Weblade 382,86 m tägl bei achtstündiger Arbeitzeit. Die Bandgeschwindigk wurde mit 7,3 m im ersten Falle, mit 7,09 m im zwei Falle, bezogen auf 8 h Arbeitzeit, festgestellt. Die sondere Wichtigkeit der Ersparnis von Arbeitzeit geht Zahlentafel 1 hervor.

Zahlentafel 1
Kostenanteile im Webereibetrieb

Art der Gewebe	Werkstoffkosten vH	Lohnkosten vH	Unkosten vH
Baumwolle	50 bis 60	10 bis 15	40 bis
Leinen- und Baumwolle .	55	17	28
Baumwolle und Seide . .	35	40	25
Naturseide	54	30	16[1]
Baumwollband	—	50 bis 65	—
Gürtelband und Gurte . .	—	35 „ 40	—
Gummiband	—	40 „ 45	—
Hosenträger und Strumpfhalterbänder	—	35 „ 50	—
Kunstseidenband	—	30 „ 40	—
Naturseidenband	—	20 „ 25	—

Die bisher übliche Arbeitsweise ermöglichte, daß gewissen Fällen zwei Webstühle durch einen Arbeiter dient wurden. Es hat sich aber gezeigt, daß gerade hi durch eine wesentliche Verzögerung beim Auswechseln Schußspulen auftreten kann. Die Verteilung der Aufme samkeit auf zwei oder mehr Stühle brachte es mit si daß der Arbeiter nicht wußte, wo er zuerst einzugrei hatte. Diese Stillstandzeiten sollen etwa 24 vH der samten Arbeitzeit betragen. Infolge der Führung von z Kettfäden durch eine einzige Litze wird das ganze W geschirr steifer, und die Zahl der Kettfädenbrüche w vermindert. [M 1794] Gsl

[1]) Hellwig-Mäckbach, Neue Wege wirtschaftlicher Betri führung, Berlin und Leipzig 1928, S. 15.

Abb. 3
Gesamtansicht eines Webstuhles von 108 Gängen mit Vielstock-Bandweblade.

RUNDSCHAU

Lichttechnik

Lichtreklame und lichttechnische Belehrung

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft E. V., Sitz Berlin, hielt ihre 16. Jahresversammlung am 22. und 23. Juni d. J. in Karlsruhe i. B. ab.

Am ersten Tage wurde die Lichtreklame vom Standpunkt der Technik und der Kunst aus behandelt.

Dr. H. Lux, Berlin, besprach die

Lichttechnischen Grundlagen der Reklamebeleuchtung.

Er gab zunächst einen gedrängten geschichtlichen Abriß der Entwicklung. Nachdem während des Krieges überall, besonders in Europa, die Lichtreklame bis auf wenige Reste verschwunden war, ist sie in den letzten Jahren in mannigfaltigen Formen wieder neu erstanden; ihnen allen gemeinsam ist der unbekümmerte Versuch; vorbereitende Untersuchungen, welche technischen und physiologischen Bedingungen die Lichtreklame zu erfüllen hat, um Sehzeichen, Bilder oder Schriften, zu schaffen, die in gegebenen Entfernungen deutlich sichtbar und eindrucksvoll zugleich sind, werden kaum angestellt. Ohne physiologische Erwägungen, die von den Grundempfindungen des Auges ausgehen müssen, sind deshalb Mißerfolge unvermeidlich. An Bildern zeigte der Vortragende, wie die Fähigkeiten, Unterschiede der Leuchtdichte wahrzunehmen und die Formenempfindlichkeit in Verbindung mit der Perzeptionszeit benutzt werden müssen, um die günstigste Wirkung zu erzielen. Die Unterschiede der Leuchtdichte müssen sich hierbei innerhalb bestimmter Grenzen bewegen, und die Leuchtdichten selbst müssen unterhalb der Blendungsgrenze bleiben. Weiter sind die unvermeidlichen Irradiationserscheinungen zu berücksichtigen; zur vollen Ausnutzung der Formenempfindlichkeit ist der Kontrast zwischen dem leuchtenden Sehzeichen und der Umgebung in ein bestimmtes Verhältnis zu bringen, das nur aus planmäßigen Versuchen abgeleitet werden kann. Bilder und Tafeln veranschaulichten diese Auseinandersetzungen und zeigten, wie die Erfüllung dieser Bedingungen eine gute Werbewirkung herbeiführt, während die Wirkung, selbst beim Aufwande größter Lichtströme, verpufft, wenn die lichttechnischen Grundlagen außer acht gelassen werden.

Auch die künstlerischen Gesichtspunkte sind bei der Lichtreklame nicht zu vernachlässigen; werden sie beachtet, so kann sie zu einer neuen malerischen Kunstform werden, die aus der Fläche in den Raum hinausstrebt. Sie zu entwickeln ist Aufgabe des bildenden Künstlers, während der Lichttechniker sich auf die technischen Mittel und ihre Anpassung an die Aufnahmefähigkeit des Auges zu beschränken hat.

Den künstlerischen Standpunkt vertrat Architekt Hugo Häring, Berlin, in dem Vortrag über die

Lichtreklame im Städtebild.

Er führte aus, wie die Lichtreklame die überlieferte Fassadenarchitektur am Geschäftshause vollständig beseitigt hat. Durch die Werbekraft des beleuchteten oder des leuchtenden Hauses wird das Nachtbild der Häuser wichtiger als das Tagbild.

Bezüglich der Lichtreklame in ihrer Verwendung im Stadtbilde ist zu unterscheiden: einmal eine lediglich flächenhafte Anlage der Lichtreklame an Häusern, Giebelwänden, Straßen, die vollkommen unräumlich wirkt und ihr Gegenstück etwa in den Anzeigenseiten der Zeitungen findet, dann die Entwicklung einer Lichtkomposition nach der Tiefe zu, wobei Werbeschriften in ein größeres, räumliches Lichtgebilde eingefügt werden. Dieser zweite Entwicklungsvorgang wird schon deutlich bemerkbar. Schon sieht man Lichtplastiken, wie die von Nicolaus Braun, Berlin, die bereits die dritte Dimension enthalten, aber doch nur im Sinne des plastischen Reliefs oder des Guckkasten-Theaters, die nur einen festen Standpunkt vor sich kennen. Über die tastenden Versuche hinaus muß sich aber eine vollkommene dreidimensionale Anlage entwickeln, eine wirkliche Raumkomposition, wobei der Standpunkt des Beschauers sowohl innerhalb als auch außerhalb liegen kann. Auch hier wirkt ein allgemeines Raumgerüst aus Lichtgebilden als Grundkomposition für die Lichtreklame, Schrift, usw. Die gegenwärtige Lichtreklame kennt, mit seltenen Ausnahmen (Arch. Korn, Berlin), nur Flächen. Für das nächtliche Stadtbild wird die Lichtreklame der Zukunft auf eine dreidimensionale Raumkomposition hinarbeiten. Hierbei ist die gleichzeitige Entwicklung einer Glasarchitektur wichtig. Glashäuser, wie eines in Stuttgart steht (Arch. Döcker), und ein andres im Haag soeben gebaut wird, sind notwendige Voraussetzungen für großräumige Lichtkompositionen im Städtebild. Die Eindruckskraft der nächtlichen Lichtbilder der Großstädte ist der Maßstab für ihre Wirkung im geschäftlichen Leben.

Über

die wirtschaftlichen Wirkungen der Lichtreklame

sprach Dr.-Ing. E. Jacob, Stuttgart. Bestimmend für eine Lichtreklameanlage ist der erwartete wirtschaftliche Vorteil, der aber nie mit Sicherheit festzustellen ist; man ist deshalb gezwungen, mit Annahmen zu rechnen. Der Vortragende berechnete an zwei Beispielen — einem kleinen Geschäft mit Leuchtschild und guter Schaufensterbeleuchtung, und einem großem Lichtspieltheater mit einer Neonröhrenanlage und Leuchtschildern — um wieviel der Umsatz steigen muß, wenn die Anlage im Hinblick auf die Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Unterhaltung wirtschaftlich sein soll. Bei dieser Wirtschaftlichkeitsrechnung ist aber zu beachten, daß es schon ein Gewinn sein kann, wenn der Umsatz nicht sinkt, sofern Wettbewerber Lichtreklame machen.

Die wirtschaftlichen Wirkungen für die Vermieter der Pacht- und Vermietungsreklamen sind leichter zu erkennen. Bei der Pachtreklame kommen zu den Kosten der Werbung noch die Pachtkosten an den Grundstücksbesitzer hinzu, die sehr hoch sein können. Am Kurfürstendamm in Berlin werden z. B. bis zu 50 000 RM jährlich an Pacht für eine Hausfront gezahlt, und selbst in Provinzstädten sind Beträge von 10 bis 15 000 RM für das Jahr nicht außergewöhnlich. Wirtschaftlich ist die Pachtreklame nur bei der Werbung für bestimmte Markenerzeugnisse, die auf eindringliche Dauerwerbung angewiesen sind.

Die Vermietungsreklame gegen Einzelmieten für wechselnde Werbeworte oder Bilder, etwa durch Wanderschriftbuchstaben usw., lohnt sich, wie sich herausgestellt hat, nur in Ausnahmefällen. Bei einer Wanderschriftanlage in Stuttgart betrugen bei einem Anlagewerte von 17 000 RM die jährlichen Gesamtkosten 27 600 RM, die Mieteinnahmen nur 21 000 RM. Die Vermietungsreklamen verschwinden deshalb auch immer mehr.

Ganz unverkennbar sind die wirtschaftlichen Wirkungen für die Hersteller und Installateure der Reklameanlagen; beiden hat sich dadurch ein großes Arbeitsfeld eröffnet. Aus Stuttgart wurden einige Zahlen angegeben: Der Jahresumsatz für Anlagen mit Neonröhren beträgt rd. 35 000 RM, für sonstige Lichtreklameanlagen 250 000 bis 300 000 RM, der Umsatz bei den Stuttgarter Installationsfirmen läßt sich auf rd. 100 000 RM schätzen.

Schwieriger sind dagegen die wirtschaftlichen Wirkungen der Lichtreklame für das stromliefernde Werk zu ermitteln. Die Lichtzeichen werden mit Beginn der Dunkelheit eingeschaltet und brennen während der Spitzenbelastung der Elektrizitätswerke und anschließend daran während eines erheblichen Teiles der Nacht. Es tritt also eine Erhöhung der Spitzen, zugleich aber auch eine Verlängerung der Benutzungszeit ein; das letztere ist dann unzweifelhaft, wenn eine verständige Tarifpolitik den Anreiz hierfür gibt. Für Stuttgart wuchs die Spitze insgesamt um 12,6 vH (1926) und 32,8 vH (1927). Für Licht allein wird die Spitzenerhöhung um 10 vH (1926) und 26 vH (1927) geschätzt. Die gesamte Zunahme in der Stromabgabe betrug 7,9 vH (1926) und 38,3 vH (1927); die Stromabgabe für Licht allein wuchs dagegen um 24,4 vH (1926) und 52,4 vH (1927). Der Verbrauch elektrischen Stromes ist also weit stärker gestiegen als die Spitzenbelastung. Wird nun der Lichtreklame-Stromabnehmer mit einer Leistungsgebühr oder einem höheren kWh-Preise für die während der Spitze entnommene elektrische Arbeit belegt, gleichzeitig aber auch der Strompreis nach dem Abklingen der Spitze wesentlich erniedrigt, so kann dem liefernden Werke kein Schaden erwachsen, und der Abnehmer wird nicht verärgert. — Für Stuttgart wurden 1925 verbucht: 5 Mill. kWh für allgemeine Geschäfts- und Bureaubeleuchtung, 0,7 Mill. kWh für Reklamebeleuchtung. Im Jahre 1927 sind für Bureau- und Geschäftsbeleuchtung 1 Mill. kWh, für Reklame- und Schaufensterbeleuchtung 2 Mill. kWh mehr geliefert worden, die die Roheinnahme des Werkes um 480 000 RM gesteigert haben, was ohne Lichtreklame wohl kaum eingetreten wäre.

Auf technische Einzelheiten der Reklamebeleuchtung ging Dr.-Ing. K. Wiegand, Berlin, in seinem Vortrage über die

Verwendung der Glühlampe und der Gasentladungsröhren in der Lichtreklame

ein. Die Glühlampe kann man ohne weitere Hilfsmittel unmittelbar an das Stromnetz anschließen; durch farbige Scheiben lassen sich alle Farbentönungen erzeugen. Die

Glühlampe hat aber den Nachteil, daß jedes Lichtzeichen nur aus Lichtpunkten zusammengesetzt werden kann und daß sie wegen der hohen Leuchtdichte bei kleinerem Abstande des Beschauers blendet. Die Gasentladungsröhren (Neonröhren) haben den Nachteil, daß sie hochgespannten Wechselstrom brauchen, und daß infolge der Einzelanfertigung und der Nebenapparate (Umspanner, Umformer bei Gleichstrom) der Preis eines Leuchtschildes aus Neonröhren um ein Vielfaches höher ist als bei Glühlampen. Anderseits ist die Leuchtröhre besonders geeignet für Schriftzüge oder Reklamezeichen, weil die Gassäule in ihrer ganzen Länge gleichmäßig Licht aussendet und ihre Leuchtdichte unterhalb der Blendungsgrenze liegt. Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit sind erheblich besser als bei einer gleichartigen Glühlampenlichtreklame. An der Hand von Lichtbildern wurden verschiedene Lichtreklameanlagen erläutert, wobei die besondren Vorzüge der Glühlampenschilder mit Opal- oder Milchglasscheiben hervorgehoben wurden, die gleichmäßig leuchtende Flächen ohne Blendung bilden.

Über das

Anleuchten von Gebäuden

sprach Dr.-Ing. Adolph, Berlin. Der künstlerische Fortschritt, den das Anleuchten von Gebäuden über die „Illumination" darstellt, ist ganz unverkennbar. Bei der „Illumination" werden die Gebäude dadurch hervorgehoben, daß ihre Umrisse mit Lichtlinien aus Gasflämmchen oder Glühlampen betont werden, die Gebäude selbst aber im Dunkeln bleiben. Beim Anleuchten dagegen wird das Gebäude in seiner Gesamtheit aus einer dunklen Umgebung hervorgehoben, und bei geschickter Anwendung der Lichtquellen tritt die Architektur in besonderer Schönheit hervor, weil man Lichter und Schatten besser als bei Tage in der günstigsten Weise verteilen kann. Hier sind aber auch die Ursachen für das Mißlingen mancher Anleuchtversuche zu erblicken; denn bei stark gegliederten Bauten mit Gesimsen, Erkern u. dergl., können unerwünschte Schatten den ganzen Eindruck verderben. Die Wirkung ist überdies auch noch stark abhängig von der Farbe und dem Rückstrahlvermögen des angeleuchteten Gegenstandes.

Als Anleuchtgerät wendet man scheinwerferartige Leuchten an, bei denen sich die Streuung des Lichtstromes regeln läßt; sie ermöglichen deshalb auch das Anleuchten aus verschiedenen Entfernungen.

Die Einrichtungskosten dieser Lichtwerbung sind wesentlich niedriger als die einer „Illuminationsbeleuchtung". Die Betriebskosten spielen, gemessen an den Kosten für die Anzeigen in großen Tageszeitungen, eine sehr kleine Rolle. Z. B. kostet das Anleuchten des Gebäudes der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke am Schiffbauerdamm jährlich nur 4344 ℛℳ.

Dr. W. Bertelsmann, Chefchemiker der Berliner Städtischen Gaswerke, A.-G., sprach über

das Gas in der Reklame.

Vor dem Kriege verwandte man Gaslicht gar nicht selten zur Reklame, und zwar vornehmlich in Form kleiner Flämmchen, mit denen man Gebäudeumrisse betonte oder Namenszüge, Wappen u. dergl. darstellte; ferner ließ man bei besondern Anlässen gern große Gasmengen als Fackelflammen verbrennen, wie es auch heute noch manchmal geschieht. Das Gasglühlicht fand seine erste Anwendung in der Werbung zum Anleuchten von Waren in Schaufenstern, z. B. auf der Ausstellung „Die Frau in Haus und Beruf", wo Seidenstoffe u. ä. mit Scheinwerfern angeleuchtet wurden. Heute findet man Reklamelaternen, Wegweiser und Verkehrszeichen mit Gasbeleuchtung vornehmlich nur noch in Provinzstädten, sonst wird Gaslicht zu Werbezwecken nicht mehr benutzt.

Ein Vortrag von Dipl.-Ing. H. Haase, Frankfurt a. M., über

Wanderschriftreklame

beschloß die Vortragsreihe über Lichtreklame.

Die Wanderschrift ist die Erfindung eines Amerikaners, dessen Patent seit 1915 erloschen ist, da ein brauchbarer Kontaktapparat damals noch nicht konstruiert war. Fünf Jahre später baute der englische Schwachstromtechniker Coleman einen Kontaktapparat, der sich noch nicht als kräftig genug erwiesen hat, um mit jedem seiner vielen hundert Kontakte die vielen hunderttausend Ein- und Ausschaltungen im Tage zu vertragen. Bald gelang es Schwabe & Co., Berlin, einen mit einem gelochten Papierband betriebenen brauchbaren Schaltapparat herauszubringen, bei dem aber die leichte Zerreißbarkeit des gelochten Schriftbandes einen immerhin noch erträglichen Nachteil bildet. Der heute in Deutschland meist benutzte Wanderschriftapparat der Werbelicht-A.-G., Frankfurt a. M., arbeitet nach den Patenten des Vortragenden mit einer unverwüstlichen Buchstabenkette. Die Forderungen nach klarer, gut lesbarer Schrift, nach leichter Auswechselbarkeit der Texte im Betrieb, nach Unzerreißbarkeit de Kette, vollselbsttätigem Betrieb und unverwüstlichen Kor takten sind hierin erfüllt.

Im Anschluß daran wurde über die neueste Höchs leistung auf lichttechnischem Gebiete berichtet: Lichtbuch staben von 60 m Höhe, die bei Tage fast unsichtbar sind, be Nacht aber infolge ihrer Größe und Lichtstärke eine geradez gewaltige Wirkung ausüben, stellen eine in diesen Tagen i Betrieb gebrachte Lichtanschrift aus den drei Buchstabe RWE (Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke) dar, di an einem 121 m hohen Leitungsmast am Rhein bei Kobler angebracht worden ist. Die Hauptschwierigkeiten: nämlic die Beherrschung des Winddruckes und die Auswechselbar keit der Lampen, scheinen überwunden zu sein.

Der zweite Verhandlungstag war der Frage de lichttechnischen Belehrungen durch prak tische Darbietungen gewidmet. — Zunächst sprac Dipl.-Ing. L. Schneider, Berlin, über

lichttechnische Vorführungen und ihre Ausgestaltung.

Er ging davon aus, daß es außerordentlich schwer is lichttechnische Leistungen, überhaupt Lichtwirkungen, ihre wirklichen Eindrucke nach photographisch wiederzugeben das ist nur durch unmittelbare Vorführungen möglic Während man sich in Deutschland vor und in den erste sechs Jahren nach dem Kriege damit begnügt hatte, de artige Vorführungen auf einzelnen Ausstellungen zu zeige wurden in Amerika seit 1919 an verschiedenen Stellen b sondre lichttechnische Vorführungsräume geschaffen, d das Interesse für die Lichttechnik in weite Kreise truge In Deutschland wurde ein Anfang in gleicher Richtung i Jahre 1924 mit der Eröffnung des Osram-Lichthauses g macht; einige Elektrizitätswerke folgten dann mit der E richtung von Vorführungsräumen.

Bei den Vorführungen müssen zunächst die lichttec nischen Grundlagen veranschaulicht und verdeutlic werden. Da das Auge die lichttechnischen Vorführungen nic nur betrachten muß, sondern bei der Vorführung mitwirk insofern, als der Einfluß der Beleuchtung auf Teilempfin lichkeiten des Auges gezeigt wird, müssen solche Vorfü rungen besonders sorgfältig ausgestaltet werden. Sie solle so deutlich wirken, daß auch der ungeübte Beobachter s fort das erkennt, was gezeigt werden soll. Sie müsse auf den Standort des Beobachters Rücksicht nehmen, wen eine Vorführung vor einem großen Zuhörerkreis gezei wird. Die Vorführung soll ohne Täuschung wirken u muß ungezwungen Schlüsse auf die Anwendung zulasse Gegenüber einer beschränkten Anzahl von Normalvorfü rungen in Amerika und einigen europäischen Ländern, d nach amerikanischem Vorbild arbeiten, hat man in Deutsc land eine Fülle guter Vorführungen entwickelt, die es g statten, fast alle Grundlagen der Lichttechnik und ihre A wendung zu zeigen.

Wenn man verkleinerte Modelle benutzt, ist darauf z achten, daß alle Ausrüstungsgegenstände der Modellräun und auch die Leuchten selbst im Verhältnis der Räume ve kleinert werden, da sonst leicht ganz falsche Wirkunge entstehen.

Hierauf besprach Prof. Dr. J. Teichmüller, Karl ruhe i. B.,

die neue Lichthalle des Lichttechnischen Institutes der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

Er führte aus: Die Vorträge hatten uns trotz der B schränkung des Themas auf das Licht im Dienste der We bung auf eine Höhe geführt, von der herab wir das gan Gebiet der Lichttechnik in seiner weiten Ausdehnung u in seiner ganzen Schönheit vor uns liegen sahen, wie ei Landschaft, die man von einem Berge herab überschaut. I trat die Frage auf: Wie kann man alle die mannigfaltig Wirkungen des Lichtes messen? Diese Frage so gut zu b antworten, wie wir es als Ingenieure, die sich der B deutung der Messung als Grundlage ihrer Wissenschaft b wußt sind, tun möchten, ist unmöglich; es handelt sich nic mehr um im physikalischen Sinne meßbare Größen, sonde um Empfindungen, die bewertet werden müssen. Um da über zu belehren, wie das geschehen kann, müssen de Lehrenden Lichtvorführungen möglich sein wie in neuzei lichen Lichtvorführungsräumen. So hat der Redner sei neue Lichthalle eingerichtet, die seine Vorlesungen an d Hochschule unterstützen soll. Dementsprechend sind d Vorführungen ausgewählt und zusammengestellt. D Redner erklärte dann die wichtigsten davon.

Im Anschluß an den Vortrag, vormittags und nac mittags, fanden Führungen durch die Lichthalle statt, b denen der Vortragende und seine Mitarbeiter, in erster Lin Dipl.-Ing. Weigel und Dipl.-Ing. Knoll, die Vo führungen ausführten und erklärten. [N 1825]

Berlin Dr. H. Lux

Die elektrowirtschaftliche Bedeutung der Haushaltlicht-Werbung[1])

Von der Vereinigung der Elektrizitätswerke, e. V., dem eichsverband des deutschen Elektroinstallateur-Gewerbes, . V., dem Verbande der Beleuchtungsgeschäfte Deutschlands . V. und der Glühlampenindustrie ist am 3. April 1928 die entrale für Lichtwerbung gegründet worden, die für eine 'erbesserung der Beleuchtung im Haushalt planmäßig irbt.

Die jährliche Benutzungsdauer des Beleuchtungstromes ı Haushaltungen, der am höchsten bewerteten und am öchsten bezahlten Anwendung des elektrischen Stromes, beug in den ersten Jahren der elektrischen Stromversorgung, 882 bis 1895, im Mittel rd. 1000 Stunden; im Laufe der Entickluug ist die Benutzungsdauer auf rd. das Doppelte geiegen. Die besondre Förderung der Anwendung des elekischen Stromes für Wärme und Kraft in einigen Ländern vang zur Herabsetzung der mittleren Strompreise z. B. in orwegen und der Schweiz, so daß die wirtschaftlichen rundlagen der öffentlichen Elektrizitätsversorgung vielicht auf die Dauer in Frage gestellt worden wären, vergl. inie *d* in Abb. 1. In jüngster Zeit hat man sich daher ieder mehr der Anwendung des Stromes für die Beuchtung, also dem höchstbezahlten Stromabsatz, zugewandt. ie Haushaltlicht-Werbung wendet sich an die Abnehmer, e schon wegen ihrer großen Zahl eine ausschlaggebende olle in der Elektrizitätswirtschaft spielen.

Die große Zahl der Kleinabnehmer bietet zugleich eine esentliche Gewähr für die Stetigkeit der Entwicklung der ektrizitätsversorgung. In Italien hat in den Jahren 1920 is 1926 der Stromverbrauch für Haushalt- und Reklameleuchtung fast stetig um 60 vH jährlich zugenommen, ährend in derselben Zeit die Stromlieferung für Kraft id Wärme zwischen — 200 und + 1400 vH schwankte, bb. 2. Das Jahr 1926 brachte z. B. in Deutschland einen ickgang der Benutzungsdauer der öffentlichen Stromerzeungsanlagen gleichlaufend mit der schlechten Wirtschaftslge der Industrie. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dß die Elektrizitätswerke trotzdem bedeutend erweitert rden, wodurch sich das Verhältnis zuungunsten der Benzungsdauer verschob.

Zur Beurteilung, wie sich eine Erhöhung des Anschlußwrtes der Haushaltbeleuchtungen für die Elektrizitätswrke finanziell auswirkt, diene folgendes Beispiel: Wenn ireinem Haushalt der Anschlußwert durch Verbesserung d. Beleuchtungsanlage nur um 50 W erhöht wird und die Butzungsdauer des Anschlußwertes 400 h im Jahre betrgt, so ergibt sich ein Mehrverbrauch von 20 kWh oder bı einem mittleren deutschen Strompreis von 42 ₰/kWh ei Roheinnahme von 8,40 *ℛℳ* jährlich; in den meisten Flen bedeutet dies eine Steigerung der Jahresstromrechnig des Anschlußnehmers um rd. 17 vH. Es ist aber anzuehmen, daß nach Erkenntnis der Vorteile einer guten Beuchtung und nach Steigerung der Ansprüche die Eıhöhung der Roheinnahme von 17 vH überschritten wird. :n Deutschland leben zur Zeit rd. 63 Mill. Menschen in 15 Mill. Wohnungen. Nach der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke gibt es in Deutschland mindestens 7 Mill. Wohnungen mit elektrischem Anschluß oder 7 Mill. Kleinabnehmer. Im Jahre 1926 wurden von den öffentlichen Elektrizitätswerken in Deutschland 12,2 Milliarden kWh erzeugt. Nehmen wir die Verluste absichtlich niedrig zu 15 vH an, so standen den deutschen Stromabnehmern 10,35 Milliarden kWh zur Verfügung. Der Haushaltungsstrom beträgt schätzungsweise 8 vH, mithin hätten die 7 Mill. Haushaltungen rd. 830 Mill. kWh abgenommen; bei 42 ₰/kWh hätte sich eine Einnahme von rd. 350 Mill. *ℛℳ* ergeben. Könnte man den Verbrauch auf 1 kWh je Tag und Haushalt steigern, so würde sich jährlich eine Mehreinnahme der deutschen Elektrizitätswerke um rd. 700 Mill. *ℛℳ* ergeben.

[1]) Kurze Erörterung über Teile des Vortrages im Werbeleiterkursus, ie die Vereinigung der Elektrizitätswerke und die Zentrale f. Lichtwerbung vom 16. bis 21. April 1928 in Berlin veranstaltet haben.

Abb. 1
Wirtschaftliche Grundlagen der öffentlichen schweizerischen Elektrizitätswerke.
a Preis der bezogenen elektrischen Arbeit (₰/kWh)
b Stromeinnahmen (*ℛℳ*)
c Stromkosten ab Werk
d Stromeinnahmen abzügl. Stromkosten

Abb. 2
Jährliche Änderung des Stromverbrauchs in Italien.
a Haushalt und Reklamebeleuchtung *b* Kraft und Wärme

Wesentlich ist ferner, daß die Belastungspitze, die die elektrische Beleuchtung verursacht, breiter wird, wenn der Kunde in der Erkenntnis der Vorzüge der Beleuchtung die Lampen länger eingeschaltet läßt, also zu einer größeren Benutzungsdauer kommt. [M 1779]

Berlin A. G. Arnold

Wasserbau

Die Wasserwirtschaft in Sachsen

Auf der Tagung des Deutschen Wasserwirtschaft- und Wasserkraftverbandes, e. V., vom 13. bis 16. Juni 1928 in Dresden ist die sächsische Wasserwirtschaft nach drei Seiten hin erörtert worden. Ministerialrat Sorger, Dresden, besprach im besonderen den

Hochwasserschutz.

Leider befindet sich die Nutzung des Wassers noch vielfach auf dem Standpunkt des Raubbaues. Erst seit wenigen Jahrzehnten sind in den meisten Ländern Ämter für wasserkundliche Untersuchungen eingerichtet, um die Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung, Versickerung und Abfluß festzustellen. Zur Zeit hat man in Sachsen 115 Meßstellen in den Flußläufen in Betrieb.

Der steigende Bedarf an Trink- und Nutzwasser für die Bevölkerung, der zunehmende Wasserbedarf der Industrie und die Notwendigkeit, mittels der Flußläufe die industriellen Abwässer abzuleiten, und die großen Schäden aus langdauernden Niederwasserzeiten und plötzlichen Hochwässern haben den Ausbau des Wasserbaudienstes beschleunigt. Die Aufgabe der Wasserwirtschaft ist, den Ablauf der Flüsse möglichst regelmäßig und unschädlich zu gestalten und die Nutzmöglichkeit auf ein Höchstmaß zu steigern. Das umfassendste technische Mittel hierfür sind Talsperren. Von 1909 bis 1913 hat die Weißeritz-Talsperrengesellschaft mit Unterstützung des Staates die Sperren Malter mit 8,8 Mill. m³ und Klingenberg mit 16,4 Mill. m³ Stauinhalt im Weißeritzgebiet errichtet. Nach dem Kriege führte der sächsische Staat selbst solche Anlagen aus und errichtete 1921 bis 1925 eine Sperre bei Muldenberg von 6 Mill. m³ Inhalt. Neben einigen kleineren für Nutzwasserversorgung ist zur Zeit eine Sperre bei Kriebstein an der Zschopau mit 12 Mill. m³ Inhalt als Hochwasserschutz und zur Abgabe von rd. 25 Mill. kWh an die Industrie in Bau. Ferner wird für die Trinkwasserversorgung von Groß-Dresden die Lehnmühlesperre im Tal der Wilden Weißeritz mit 23 Mill. m³ errichtet. Eine Untersuchung hat ergeben, daß als Hochwasserschutz im Müglitz- und Gottleubaugebiet die billigeren Rückhaltbecken an Stelle von Talsperren bereits genügen.

Der steigende Verbrauch an Nutzwasser bringt eine zunehmende Verunreinigung der Flüsse durch Abwässer der Gemeinden und der Industrie mit sich. Eine Besserung ist nur durch den Zusammenschluß der beteiligten Kreise unter

Führung des Staates wie im Ruhrgebiet[1]) zu erreichen. Im Rahmen des Ausbaues der sächsischen Flußläufe bearbeitet die Wasserbauverwaltung die Regelungspläne für das Löbauer Wasser, die Röder und die Spree, in deren Gebiet bereits Teilstrecken ausgebaut werden. Ferner wird in der Zwickauer Mulde bei Glauchau eine Flutrinne von mehr als 3 km Länge und 90 m Breite für die Umleitung von Hochwassermengen bis 600 m³/s hergestellt.

Seit 1924 sind auch Wasserkraftanlagen bei Aue, Waldenburg, Klosterbuch, Wurzen und für die Kraftwerke Freital A.-G. eine Anlage bei Tharandt gebaut worden, die insgesamt 44 Mill. kWh jährlich liefern. Die vier staatlichen Anlagen arbeiten ohne Speicherung. Die drei Niederdruckanlagen haben schnellaufende Kaplanturbinen mit verstellbaren Laufradschaufeln. Zum Schluß ging der Vortragende kurz auf die Aufgaben der Speicherbecken und die Bedeutung der geplanten und im Bau befindlichen Flußverbindungen durch Kanäle ein.

Prof. Heiser, Dresden, behandelte sodann die Fragen der

Wasserversorgung.

1919 besaßen nur 24 vH der 3000 Gemeinden Sachsens eine öffentliche Wasserversorgung, die 55 vH der Bevölkerung versorgt; 1925 war der Anteil auf 57 vH gestiegen. Im übrigen wird aus Einzelbrunnen nicht überall einwandfreies Wasser gewonnen. Auch viele Gemeindeanlagen entsprechen weder hinsichtlich der Menge noch der Beschaffenheit neuzeitlichen Anforderungen. Der Verbrauch auf einen Einwohner ist in verschiedenen sächsischen Städten noch sehr gering. Der Bedarf wird unbedingt steigen, besonders wenn die Industrie nicht mehr genügend aus eigenen Werken gewinnen kann. Die rheinisch-westfälischen Industriestädte weisen im Mittel mit 217 l/24 h einen höheren Wasserverbrauch als Chemnitz und Plauen mit 77 und 78 l/24 h auf, da die sächsische Industrie sich bis jetzt noch selbst versorgt hat.

Für den Ausbau der öffentlichen Anlagen bieten die Bestimmungen des sächsischen Wasserrechtes große Schwierigkeiten, da das Eigentum des Grundbesitzers am Grundwasser und an den Quellen nicht enteignet werden kann. Vor dem Krieg beschränkte sich der sächsische Staat auf die gesundheitspolizeiliche Überwachung der Anlagen. Nur beim Bau der Talsperre Klingenberg hat er ein Darlehen mit Rücksicht auf den Hochwasserschutz gegeben. Um dann die Wasserversorgung einer Reihe Gemeinden des oberen Vogtlandes sicherzustellen, baute er die Talsperre Muldenberg, die 700 l/s liefert. Besonders dringend ist nach Ansicht des Vortragenden, die Entwicklung der Wasserversorgung der südlichen Landesteile zu regeln. Sie wird sich vornehmlich auf Talsperrenanlagen stützen müssen. Die Versorgung aus Sperren ist der aus Grundwasser bei Wahrung entsprechender Maßnahmen mindestens gleichwertig.

Die künftige Entwicklung zeigte der Vortragende an den Vorarbeiten des Wasserwirtschaft-Zweckverbandes für die Wasserversorgung Groß-Dresdens. Der Verbrauch nach 20 Jahren wird auf 76 Mill. m³ gegen 46 Mill. m³ jetzt geschätzt und ist nicht mehr durch Vergrößerung der vorhandenen Grundwasseranlagen zu decken. Man hat mehrere Gebiete untersucht. Am besten eignet sich das Gebiet der Wilden Weißeritz, das mit dem benachbarten Gimmlitzgebiet den Zukunftsbedarf decken könnte. Die Talsperre Lehnmühle für im Mittel 950 l/s bildet den Anfang zur Ausführung dieser Pläne. Gleichzeitig können in Wasserkraftwerken 20 Mill. kWh jährlich gewonnen werden.

Zum Ausgleich der vielfachen Forderungen und Wünsche an den Wasserschutz des Landes ist unbedingt die Unterstützung des Staates notwendig, da die Aufgaben über die Stadtgrenzen hinauswachsen.

Der letzte Redner, Reg.-Baurat Rudolph, Dresden, sprach über

Kraftwasserspeicherung.

Einleitend erläuterte der Vortragende den Zweck von Pumpspeicheranlagen beim Ausgleich der täglichen Belastungsschwankungen und zur Sicherstellung des Betriebes bei Störungen. Bei Niederwartha an der Elbe ist zur Zeit ein Pumpspeicherwerk im Bau für die Energieversorgung Groß-Dresdens. Bei Oberwartha wird das obere Becken, der Silbergrund, durch einen 42 m hohen Erddamm abgesperrt, da der mürbe Baugrund den Bau einer Staumauer nicht zuläßt. Auf der Wasserseite ist eine Lehmschürze von 2,5 bis 11 m Dicke, die bis zu 12 m in das gewachsene Gestein eingreift, als Abdichtung vorgesehen. Eine Kiesdecke und eine 40 cm dicke Grobschotterschicht schützt diese Schürze und die vorgelagerte Lehmabdeckung des Beckenbodens gegen Angriffe. Die Neigung auf der Wasserseite beträgt 1 : 3,5 bis 1 : 4. Die Entwässerung des Dammkörpers nach der Luftseite hat man besonders berücksichtigt, um Rutschflächen mit Sicherheit auszuschließen. Die Absenkung des höchsten Betriebsspiege um 9,5 m liefert 1,9 Mill. m³ an das untere Becken.

Das Betriebwasser fließt in einem 9,5 m tiefen offen Kanal dem Einlaufbauwerk zu. Von hier aus leiten 100 lange Betonrohre, die wegen der Grundwasserführung 14 m Tiefe verlegt werden, das Wasser zwei 900 m lang eisernen Druckrohren mit 3,5 m Dmr. zu, die teils im Ei schnitt, teils über eine bis 14 m hohe Rohrbrücke mit eine Gefälle von 1 : 150 bis zu den Wasserschlössern führen. Fi jede Rohrleitung, vier im Vollausbau, dient ein 35 m hoh runder Turm von 17 m Dmr. als Druckausgleich. Der Durc messer der Druckrohre nimmt von 3,2 auf 2,5 m Dmr. a die Wanddicke von 10 auf 26 mm zu. Schnellschluß-Drosse klappen mit selbsttätigen Rohrbruchsicherungen verhinder bei Rohrbrüchen den Austritt größerer Wassermengen.

Im Krafthaus werden zunächst vier Maschinensät aufgestellt, die je aus einer Drehstrommaschine v 15 000 kW, einer Pumpe und einer Francis-Spiralturbine b stehen. Der Vollausbau umfaßt acht Maschinensätze m insgesamt 120 000 kW Leistung. Für die Luftschaltanla wird ein Gelände von 40 000 m² hochwasserfrei aufgeschütt Das untere Speicherbecken wird durch Randdämme ei gedeicht, so daß die natürliche Lehmdecke für die Wasse undurchlässigkeit erhalten bleibt. Die Ausdehnung beträ 43 ha, da die nutzbare Wassertiefe 4 m nicht überschreit darf. Das größte Gefälle zwischen dem oberen und dem u teren Becken beträgt rd. 150 m. Die Randdämme werden ähnlicher Weise wie der Staudamm gebaut und mittels ein Lehmschürze abgedichtet.

Die Gesamtkosten dieses Pumpspeicherwerks, dess Bau Ende 1927 begonnen hat, betragen 25 Mill. ℛℳ. Es lie ungefähr in der Mitte zwischen den beiden auf der Braunkol errichteten Großkraftwerken Hirschfelde und Böhlen in d Nähe der hauptsächlichsten Verbrauchspunkte und in ein Knotenpunkt des 100 kV-Leitungsnetzes. Durch Einfügen d Pumpspeicherwerkes spart man also nicht nur an e sprechenden Ausbaukosten der Großkraftwerke, sonde auch des Fernübertragungsnetzes. [N 1822]

Berlin Luchsinger

Abb. 3
Unter hohem Druck arbeitende Topfpresse zum Entölen von Kakao.

[1]) s. Z. Bd. 72 (1928) S. 767.

Abb. 7
Zweite Ausführungsart der Topfpresse.

g Steuerstange *i* Joch
k Doppelkolben

Abb. 4 bis 6
Aufbau der Topfpresse mit Darstellung des Preßvorganges.

a Preßmasse
b Filterdeckel
c bewegliche Topfkolben
c_1 Preßtopf
d Hauptarbeitskolben
e Preßstempel
f Federn
g Steuerstange
h Hilfskolben
i Joch

Verarbeitende Industrien

Große Kakaopressen

Zum Entölen von Kakao benutzt man Topfpressen, die rt hohem Druck arbeiten[1]). Solche Maschinen, Abb. 3, haben i der Regel 12 Preßtöpfe, von denen jeweils die Hälfte in Arbeitsstellung sind und unter Druck gesetzt werden können, während von den andern sechs zum Zwecke des Entleerens und Beschickens je drei auf zwei Fördergestelle vor die Maschine hinausgefahren werden.

Da man es hier mit einer ziemlich dünnflüssigen Anfangsmasse, mit einer nahezu festen Endmasse und mit sehr hohen Drücken zu tun hat, so müssen an den Aufbau dieser Pressen besonders große Anforderungen gestellt werden. Abb. 4 bis 6 geben Einzelheiten vom Drückvorgang wieder. Die Preßmasse *a* liegt zwischen zwei Filterdeckeln *b* mit Kamelhaareinlage auf einem dicht eingesetzten, jedoch beweglichen Topfkolben *c*. Der Hauptarbeitskolben ist *d*. Er drückt die Stempel *e* nach oben gegen die einzelnen Topfkolben. Die Masse *a* wird auf diese Weise ausgepreßt und die entfallende Flüssigkeit kann durch Kanäle in *c* und *e* entweichen.

Damit nun aber nicht die in dem Topf enthaltene Masse nach oben austreten kann, ehe das eigentliche Pressen beginnt, muß jeder einzelne Topf gegen den darüber liegenden Stempel *e* anliegen. Das wird dadurch erreicht, daß Federn *f* sämtliche Preßtöpfe nach oben drücken. Vor dem Einschwenken der Töpfe von der Einfüllage in die Preßlage wird der Federdruck aufgehoben durch Herabgehen der Steuerstange *g*, die auf diese Weise einen Druck des Hilfskolbens *h* nach unten überträgt.

Nach dem Einschwenken des Satzes in die Betriebslage läßt man den Hilfskolben *h* so weit zurückgehen, daß alle oberen Filterdeckel anliegen. Alle Töpfe stehen unter annähernd gleichem Druck, sobald der oberste das Joch *i* berührt. Abb. 4 gibt dann den Zustand stärkster Zusammendrückung wieder und Abb. 5 zeigt, wie nach Fortnahme des Druckes unter dem Hauptkolben *d* alle beweglichen Teile des Preßsatzes durch ihr Gewicht nach unten fallen. Dieser Vorgang wird unterstützt durch die Abwärtsbewegung von Kolben *h* mit Stange *g*. Die Federn *f* werden dabei soweit wie möglich zusammengedrückt und der Preßtopf c_1 gibt die Preßkuchen frei (½ min). Damit die Töpfe aus der Maschine herausgezogen werden können, muß c_1 wieder angehoben sein. Die Preßkuchen werden dann mit Hilfskolben in den vor der Maschine angebrachten Rahmen ausgestoßen, und dort werden auch die Töpfe aus einer Rohrleitung neu gefüllt, vergl. Abb. 3. Eine etwas andre Ausführung zeigt Abb. 7. Die Steuerstangen *g* werden hier durch einen Doppelkolben *k* bewegt. Die zusammengedrückten Federn können bei dieser Bauart schneller entlastet werden als bei der nach Abb. 4 bis 6.

Die sechs Töpfe und das Joch enthalten Hohlräume zum Hindurchleiten von Wasserdampf während des Pressens. Die abfließende Kakaobutter kann auf diese Weise besonders dünnflüssig gemacht und der Preßkuchen (der Kakao) sehr weitgehend von ihr befreit werden.

Der Hauptkolben hat bei dieser Presse 570 mm, die Töpfe haben 450 mm Dmr. Bei 400 at Druck der Druckflüssigkeit ergibt sich für die Töpfe ein Druck von 640 kg auf 1 cm² des Preßkuchens. Demnach beträgt der Gesamtdruck 1 020 000 kg. Von dem in den Bohnen enthaltenen 55 vH Fett können hier 51,5 vH ausgepreßt werden. Jeder einzelne Topf kann mit 13 kg Preßgut für jeden Arbeitsgang befüllt werden. Insgesamt werden also jedesmal 78 kg verarbeitet. Die Maschine ohne Pumpwerk wiegt 13,7 t.

Als Pumpe für die Druckflüssigkeit kommt hier eine Sonderausführung zur Anwendung, die es gestattet, zu Beginn des Pressens möglichst geringe Kräfte auszuüben und sie erst dann zu steigern, wenn ein Herausspritzen der Masse nicht mehr zu befürchten ist. [M 1749] Gsl.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1581.

Werkstoffe

Über Phosphorbronzen

Die als Phosphorbronzen bezeichneten Legierungen gliedern sich nach E. R. Thews[1]) in vier verschiedenen Gruppen, die sich in ihrer Zusammensetzung und in ihren kennzeichnenden Eigenschaften und Verwendungszwecken grundsätzlich voneinander unterscheiden:

1. Zinn- und Zinn-Zink-Bronzen, die mit Phosphor desoxydiert sind, in denen sich aber analytisch Phosphor nicht nachweisen läßt.

[1]) „Gießereizeitung" Bd. 25 (1928) Nr. 7 S. 213.

2. Phosphor-Kupfer-Legierungen mit 0,5 bis 2,5 vH Phosphor, geringen Gehalten an Zinn oder Zink, die in der Hauptsache als Desoxydationsmittel, für Sonderzwecke aber auch in der Industrie, als Legierungen für Kattundruckwalzen (Kupferguß mit 0,10 bis 0,75 vH Phosphor) verwendet werden.

3. Bronzelegierungen mit 2 bis 9 vH Zinn, in denen Spuren von Phosphor (analytisch nachweisbar) sein müssen. Diese Legierungen verwendet man für die Herstellung von Schrauben, Bolzen, Schieberstangen, Kessel- und Kondensatorrohren.

Die mechanisch-technologischen Eigenschaften dieser Legierungen gestatten Kaltwalzen und -ziehen, Schmieden usw. Da diese Legierungen außerdem sehr widerstandfähig gegen Korrosion und Erosion sind, finden sie bedeutende Verwendung zur Herstellung von Behältern, Destillationsgeräten usw. für die chemische Industrie und an allen Stellen, wo die Verwendung anderer Nichteisenmetalle unmöglich ist.

4. Bronzelegierungen mit Zinngehalten von mehr als 9 vH und Phosphorgehalten von 0,15 bis 2,5 vH. Diese Werkstoffe können nicht spanlos verformt werden; man verwendet sie in gegossenem Zustand als Lagermetalle für schwere Belastungen (Lokomotivlager) und für Gußstücke, die hohem Verschleiß ausgesetzt sind.

Über die Auswirkung des Phosphors in den Bronzen gilt — es sei hier auf meine grundlegenden Arbeiten hingewiesen —, daß er sich auf den Sauerstoffgehalt der Oxyde der Schmelzflüsse reduzierend und fernerhin viskositätserniedrigend und damit mechanisch reinigend auf die Schmelzflüsse auswirkt. Als Legierungsbestandteil wirkt Phosphor in den Bronzen härtesteigernd. Nach meiner Ansicht bringt aber die Verwendung von Phosphor, gleich welcher anteiligen Gehalte, für Bronzelegierungen keine Änderung der Gaslöslichkeitswerte.

Die weiteren Ausführungen der vorliegenden Arbeit betreffen die Herstellung und die Eigenschaften der verschiedenen Phosphor-Kupferarten. Für die Herstellung der Phosphor-Kupferlegierungen weist der Verfasser auf das Absorptionsverfahren (Behandlung von dünnwandigem Kupferschrot, wie z. B. Draht und Blech usw. mit Phosphordampf bei Temperaturen von 550 bis 700 °) hin, ferner auf das Hiornssche Verfahren, auf das von Heyn und Bauer angegebene Verfahren der Behandlung von Kupferspänen mit rotem Phosphor und Holzkohle. Auch die chemisch-metallurgischen Verhüttungsverfahren der Darstellung von Phosphor-Kupfer aus Kalziumsuperphosphat, granuliertem Kupfer und Kohle und aus Phosphor und Kupfer-Sulfiden werden erwähnt.

Der Einfluß des Phosphors auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften des Kupfers wird durch die Zahlentafel 1 gekennzeichnet. Ferner wird erwähnt, daß neben dem analytisch-metallographischen Untersuchungsverfahren zur Nachprüfung von Phosphor-Kupfer die Härteprüfung eine vorzügliche Unterlage darstellt. Bei den ungenügenden Angaben der Versuchsanordnung für die in der Zahlentafel 1 angegebenen Härtewerte möchte ich aber davor warnen, dieses Verfahren an der Hand dieser Härtewerte kritiklos anzuwenden.

Zahlentafel 1
Einfluß des Phosphors auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften von Kupfer

Phosphor vH	Brinell-Härte	Festigkeit kg/mm²	Dehnung (2 Zoll) vH
2,5	92	83,1	28,2
3,0	101	89,8	23,2
3,5	111	89,8	13,8
4,0	115	91,4	10,4
4,5	136	108,9	15,2
5,0	149	119,7	26,0
5,5	156	123,0	15,2
6,0	170	56,7	0
6,5	197	124,4	2,8
7,0	179	107,1	0
7,5	187	80,6	0
8,0	235	107,4	0
8,5	229	53,7	0
9,0	217	60,1	0
9,5	207	61,4	0
10,0	212	41,8	0
10,5	212	37,8	0
11,0	207	58,9	0
11,5	229	41,5	0
0,0	45		

Über die Verwendung von Phosphor-Kupfer als Desox dationsmittel berichtet Thews aus Deutschland, d seiner Bedeutung viel zu großer Wert in gießereitechnisch Hinsicht beigelegt wird, wogegen man in England offe sichtlich die Bedeutung noch allzusehr unterschätzt. Weite Ausführungen von Thews betreffen Schlackendeck (Soda-Holzkohlegemische und katalytische Reduktion schlacken nach Arend, Luxemburg) für die Schmelzarb in der Gießerei.

Die weiteren Ausführungen kennzeichnen die Bedeutu und die Wirkungsweise des Phosphors in den Legierung unter Anlehnung an Ausführung in meinem Buch: D Schmelzen in den Metallgießereien[2]).

Was die Nachteile des Phosphors in den Bronze-Schmel flüssen anlangt, so erwähnt der Verfasser eine ve schlackende Auswirkung höherer Phosphorgehalte (0,4 b 0,5 vH) auf die Formsande der Gießformen, eine Erscheinun die nach meiner Ansicht auf Grund der Formsandunte suchungen von Reitmeister nicht feststeht.

Die Ausführungen von Thews über die Abseigeru von Blei aus bleihaltigen Bronzen durch Phosphorz schläge sind zum Teil unwahrscheinlich, und es bedarf au führlicher Zahlenangaben und Versuchsberichte, um s praktisch nachprüfen zu können.

Die Beobachtungen von Thews, daß Phospho gehalte die Ausseigerungen zinnreicher Restschmelzen a Bronzelegierungen befördern, gilt nur für ganz bestimm Erstarrungsabläufe und durchaus nicht für alle Fälle. D Ausseigerung metallischen Zinns aus Bronzelegierung ist ganz unwahrscheinlich Über den Einfluß von Nick und Eisengehalten zur Verhinderung der Seigerung ist vo metallographischen Standpunkt aus einzuwenden, daß z. Nickelgehalte von 0,1 bis 0,4 vH belanglos sein müsse da dieser Legierungsbestandteil als Mischkristallbestan teil in den primär ausgeschiedenen α-Kristallen enthalt sein müßte und auf diese Weise durch Verringerung d für die Mischkristallbildung dem Zinn zur Verfügu stehenden Kupfers eher eine Vergrößerung der Seigeru herbeiführen müßte.

Von der Verwendung von mit Kupferüberzug verseh nem gelben Phosphor zur Desoxydation von Bron schmelzflüssen ist außerordentlich abzuraten, da infol Verbrennung an der Oberfläche der Schmelzflüsse praktis kein Phosphor in die Schmelzflüsse hineinkommt.

Die folgenden Ausführungen betreffen den Einfluß ve schiedener Phosphorgehalte auf die mechanischen Eige schaften der Bronzen: nach Ansicht von Thews führt die Ve wendung ungenügender Mengen Phosphor für die Desox dation zur Porosität. Diese Ansicht ist auf Grund neuze licher Forschungsergebnisse[3]) als irrig zu bezeichnen, w auch die älteren Literaturangaben fremder Fachmänner üb die günstigsten Auswirkungen geringer Phosphorgehalte a die Festigkeitseigenschaften der Bronzen als weit überh zu bezeichnen sind, da es sich gezeigt hat, daß die Festi keitseigenschaften lediglich eine Funktion sachgemäß a geführter Erstarrungsabläufe sind und kaum durch gerin Phosphorgehalte oder andere Gehaltsunterschiede der L gierungsbestandteile beeinflußt werden.

Weitere Ausführungen betreffen die Erhöhung d Korrosionswiderstandes durch Phosphorzuschläge.

[2]) Verlag Knapp, Halle a. d. S., 1927.

[3]) Claus und H. Goecke, „Über Bronzelegierungen", Berlin 19

Zahlentafel 2
Zusammensetzung amerikanischer Lagerbronzen und Bronzelegierungen

	Cu vH	Sn vH	Pb vH	P vH
Allgemeiner Bronzeguß . . .	83,0	16,8 bis 16,4	—	0,30 bis 0,[illegible]
Allgemeine Lagermetalle . .	84,5 bis 91,0	15,0 „ 8,0	—	0,35 „ 0,[illegible]
Allgemeine Maschinenbronzen	87,0 „ 92,0	13,0 „ 7,0	—	0,15 „ 0,[illegible]
Zahnräder und Schrauben im allgemeinen	88,5 „ 95,5	11,5 „ 4,5	—	0,07 „ 1,[illegible]
Schraubenradkränze	90,3	9,0	—	0,05
„	88,8	10,8	—	0,10
Schraubenschlüssel	87,5	12,3	—	0,10
Stangen	96,0 bis 97,0	2,3 bis 3,9	—	0,11
Rollenscheiben	90,2	9,5	—	0,20
„	88,0	8,6	3,2	0,25
Spindeln	89,3	10,3	—	0,25
Schraubenradkränze	89,8	9,8	—	0,28
„	90,5	8,6	—	0,57
Stopfbüchsen	90,2	9,5	—	0,38
Teile von Elektromotoren . .	93,8	5,6	—	0,58
Zahnräder	86,5 bis 87,0	12,0	—	1,43 bis 1,[illegible]

Was den Einfluß höherer Phosphorgehalte anlangt, so ıd die von Thews ausgeführten metallographischen hauptungen (z. B. „definitiv interkristalline Bestandle“) als irrig zu kennzeichnen. Daß die Härtewerte von onzen mit steigenden Phosphorgehalten abnehmen, dürfte hl nur ein Irrtum von Thews sein. Daß die Härte einer onzelegierung mit rd. 9,5 vH Zinn bei steigenden Phosorgehalten auf 0,47 bis 1,17 vH Phosphor nur um 5 kg, zogen auf 1 kg/mm² Brinell, zunehmen soll, scheint reichh unwahrscheinlich und wäre durch Angaben der genauen rsuchsanordnung nachzuweisen.

Thews bringt in seinen weiteren Ausführungen eine sammenstellung amerikanischer Lagerbronzen, Zahlenel 2, ferner eine Zusammenstellung von Bronzelegierungen nach einer Arbeit von T h u r s t o n aus dem Jahre 1905, die wohl beide auch für Amerika überholt sind.

In Deutschland sind die Bronzelegierungen einschließlich der Phosphorbronzen durch das Normblatt DIN 1705, Blatt 1 und 2 festgelegt. Mit Rücksicht auf die Normung und Verbilligung der Phosphorbronzeverwendung sei auf diese Normblätter hingewiesen, die die Zusammenstellung ausländischer Legierungen unnötig machen.

Zusammenfassend ist über die Arbeit von E. R. T h e w s zu sagen, daß sie eine bemerkenswerte Zusammenstellung des Kapitels der Phosphorbronzen bringt, aber sehr kritisch gelesen werden muß, da sie zum Teil wissenschaftlich unwahrscheinlich ist und in allgemeiner Hinsicht weit überholte Angaben anführt. [N 1740]

Berlin Dr. Willi C l a u s

Kleine Mitteilungen

Kraftwerk mit einem Mann Bedienung

Am 1. Februar 1928 wurde das neue Avon Park-Kraftrk der Florida Public Service Co. in Betrieb genommen. r den Entwurf der für 80 000 kW bemessenen Anlage r maßgebend, daß sie mit einem Mindestaufwand für Beaung auch bei niedrigen Lasten wirtschaftlich arbeiten ıte. Gegenwärtig leistet das Werk 15 000 kW mit ier Allis-Chalmers-Turbodynamo, die Dampf von 28 at 400 ° verarbeitet und Drehstrom von 60 Per./s bei 00 V liefert. Die beiden Fünftrommel-Kessel können ı Öl oder mit Kohlenstaub arbeiten. Kessel-, Turbinenı Schaltraum haben keine Trennwände erhalten, so ß die ganze Anlage von einer Bühne aus übersehbar Hier befinden sich auch alle Schalthebel und wichtigen geräte. Betriebseinrichtungen, die im Keller untergeht werden mußten, sind so angeordnet, daß sie von e Mann auf der Bühne beobachtet werden können. („Elecal World“ 25. August 1928 S. 349*) N 2009 a] Le.

Doppeltwirkender Zweitakt-Dieselmotor von 4000 PS

Auf dem Prüfstand der Firma Vickers-Armstrong, Baro in Furness, hat vor einigen Tagen der erste nach der ıart der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg hergestellte tor für das Schiff „Medway“ seine vorgeschriebenen eläufe ohne Zwischenfall erledigt. Der Motor hat vier ynder von rd. 700 mm Dmr. und 1200 mm Hub, die paaree angeordnet sind und zwischen denen der von der belwelle unmittelbar angetriebene dreistufige Einblasefkompressor steht. Am vorderen Ende der Kurbelwelle in zwei doppeltwirkende Ladeluft-Pumpenzylinder überinder angeschlossen.

Die Nenndrehzahl des Motors beträgt 115 U/min. Bei rVorführung konnten bei 33 U/min noch regelmäßige ündungen erzielt werden. Bei einer Überdrehzahl von 2 min greift ein Aspinall-Regler ein, der den Brennoffzulauf drosselt. Der Motor wiegt ohne Schwungrad ndAndrehvorrichtung 380 t. („The Engineer“ 31. August 92 S. 234/36*) [N 2009 b] H.

24 m hoher Fangdamm

Die Gründungen für den New Jersey-Turm der Hudnver-Brücke werden in zwei offenen Baugruben gebaut. egn des steil abfallenden Ufers reichen die Dammwände n er tieferen Stelle bis zu 24 m unter Wasser. Die ulwandeisen sind 12,2 bis 25,1 m lang und wiegen rd. km. Die Baugruben haben rd. 30 m Breite und 33 m mit 1,5 m lichtem Raum zwischen dem Bauwerk dler inneren Spundwand. Die längste Stirnwand und r beiden Seiten sind aus zwei rd. 2,4 m entfernten wänden mit Querwänden in je 3,2 m Abstand herstlt. Der Rest ist eine einfache Spundwand. Vier gechte und zwei geneigte Holzrahmenwerke nehmen n Vasserdruck auf.

ie Spundwandeisen wurden, nachdem die Holzrahmenrl zusammengebaut waren, bis in den Fels gerammt. Die einzelnen Taschen der Dammwände wurden ausgebagert und im unteren Ende mit Beton ausgefüllt, der mittg geschlossener Kübel unter Wasser eingebracht wurc. Der obere Teil ist mit Sand und Flußschlamm gefüllt Beim Ausheben der Baugrube wurden die tiefsten Stelli der Dammwand in einer Baugrube außerdem noch zweich durch wagerechte Teilrahmen gestützt.

ährend des Baues brach in eine Baugrube Wasser a der Untergrund, in dem die Spundwandeisen rd. 30 m tief eingerammt waren, nachgab. Durch Messen der Verkürzung der Holzbalken in den Rahmenwerken vor und nach dem Leerpumpen fand man, daß der Druck auf die Dammwand unterhalb der Hinterfüllung kleiner als der hydrostatische Druck war, während er oberhalb mit dem hydrostatischen Druck übereinstimmte. („Engineering News Record“ 16. August 1928 S. 232) [N 2009 c] Ls.

Neue Eisenbahnlinie Rom–Neapel

Vor wenigen Monaten ist eine neue Eisenbahnlinie Rom – Neapel fertiggestellt worden, die die Reiseentfernung von 250 auf 214 km und die Reisedauer von 4½ h auf 2¾ h verkürzt. Die neue Bahn berührt die Städte Sezze und Fronde und führt durch Tunnel von 17 km Gesamtlänge. Elektrische Zugförderung ist auf der ganzen Strecke vorgesehen; gegenwärtig wird nur die Teilstrecke Neapel–Villa Laterno elektrisch betrieben. Fruchtbare und industriereiche Gebiete werden durch diese neue Linienführung erschlossen. („Engineering News-Record“ 23. August 1928 S. 288*) [N 2009 d] Ro.

Drahtseilbahn für Marmorbeförderung in Carrara

In den Marmorbrüchen von Carrara ist seit September 1927 eine Drahtseilbahn von 1600 m Länge in Betrieb, die Lasten von 20 t befördern kann. Die Bahn hat 628 m Höhenunterschied zu überwinden. Zur Aufnahme der Seillast dienen insgesamt fünf Stützen, die verschiedene Abstände von einander haben. Unmittelbar unter der Berghaltestelle befindet sich die längste freihängende Seilstrecke von 1150 m Stützenabstand.

Die Seillaufkatze der abwärts fahrenden Wagen ruht mit sechszehn Rädern auf zwei, die der aufwärts fahrenden mit acht Rädern auf einem Tragseil der Herkules-Bauart. Die Dicke jedes Tragseiles beträgt 60 mm. Zum Verankern der Tragseile dient an der Berghaltestelle ein Betonblock von über 500 t Gewicht, der mit den Betongründungen des Maschinenhauses fest verbunden ist. Die Gegengewichte am unteren Ende der Seilbahn sind in Schächten geführt und haben für ihre Bewegung 10 m Spiel. Für die Herstellung der Schächte mußten 650 m³ Fels ausgehoben werden. Zum Antrieb dient ein Elektromotor von 50 PS. Die Geschwindigkeit des Zugseiles beträgt 80 cm/s, mit Auf- und Abladen braucht man also für eine Fahrt höchstens 1 h. („Engineering“ 31. August 1928 S. 261*) [N 2009 e] Sd.

Bodenfräse mit wagrecht umlaufenden Werkzeugen

Die Firma Fowler, Leeds, stellt neuerdings ein Bodenbearbeitungsgerät, mit „Gyrotiller“ bezeichnet, her, bei dem die Werkzeuge (Fräsen, Schare) an Scheiben von rd. 1,3 m Dmr. befestigt sind und um senkrechte Wellen umlaufen. Diese Fräsköpfe genannten Werkzeuge sind in einem in der Tiefe verstellbaren Rahmen am Kettenschlepper gelagert, und zwar je einer links und rechts der Schleppermitte, und sind gegenläufig. Jede Scheibe trägt sechs pflugscharähnliche Werkzeuge aus Gußeisen, mit denen sich je nach der Einstellung verschiedene Bodenbearbeitungen erreichen lassen, auch zwei Umlaufgeschwindigkeiten sind möglich. Seitliche Fangbleche begrenzen die Wurfweite.

Schlepper und Fräsköpfe werden von einem sechszylindrigen Petroleummotor von 225 PS Leistung angetrieben. Bei einer Gesamtarbeitsbreite der Fräsen von 3 m beträgt die Tagesleistung 3 bis 3,5 ha saatfertigen Bodens. („Technik in der Landwirtschaft“ August 1928 S. 195*) [N 2009 f] Ro.

Großes Zementwerk

Die neue, im April fertiggestellte Anlage in Thomaston, Me., der Lawrence Portland Cement Co. arbeitet nach dem nassen Verfahren und ist für eine jährliche Leistung von rd. 1 Million Faß[1]) gebaut, die aber, wenn es erforderlich sein sollte, verdoppelt werden kann. Bemerkenswert an der Anlage ist der große elektrische Laufkran, der die Werkstoffe (Klinker und Gips) von dem Ofen in die Mühlen befördert. Das staubförmige Mahlgut wird mittels einer Pumpe besonderer Bauart über eine 305 m lange Rohrleitung 30 m hoch in die Speicher gehoben. Diese die Förderbänder und Becherwerke ersetzende Anlage gestattet, die Speicher sowie die Kohlenstaubmühlen unabhängig von der Hauptanlage aufzustellen. Der Drehrohrofen, in dem das 35 vH Feuchtigkeit enthaltende Mischgut getrocknet und kalziniert wird, ist bei 3350 mm Dmr. rd. 60,1 m lang; der darunter liegende Klinkerkühler hat 3050 mm Dmr. und ist 27,4 m lang. Die zwei rd. 72 m hohen Schornsteine sind aus Formsteinen gebaut. („Engineering News-Record" 23. August 1928 S. 275*) [N 2009 g] Schr.

[1]) 1 Faß Zement = rd. 210 kg.

Unterdruck-Trockenpartie für Zeitung papier

In den Druckpapierwerken der Firma Price Brother Co. in Kenogami, Quebec, ist eine Vakuumtrockenpartie, B art Minton, mit 20 kugelgelagerten Trockenzylindern vor 1524 mm Dmr. und 3851 mm Länge aufgestellt worden. Anlage, die erste Unterdruck-Trockenpartie für Zeitur papier, arbeitet mit einer Geschwindigkeit von rd. 214 m/ bei einem Zulauf von Papier mit 72 vH Feuchtigkeit. Partie ist statt mit Seide mit einem Asbestgewebe bef

Die zu dem Unterdrucktrockner gehörende Kondensa anlage besteht aus einem Oberflächenkondensator, ei Luftkühler, zwei Luftpumpen und zwei Verdichtern. Dampfverbrauch beträgt rd. 8165 kg/h, der Unterdruck in Vakuumkammer 710 mm Quecksilbersäule. Vor der V wendung des Unterdrucktrockners betrug der Schwund Papier über 2 vH, während er mittels des Unterdrucktr ners auf unter 1 vH herunterging. Die gesamte Anl wurde gebaut von der Fa. Charles Walmsley & Co. Longueuil, Quebec. („The Engineer" 31. August 1 S. 222*) [N 2009 h] Sch

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. 304. H.: **Dauerversuche zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften, Beziehungen zwischen Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeit.** Von E. Becker und O. Föppl. Berlin 1928, VDI-Verlag. 28 S. m. 39 Abb. und 12 Zahlentafeln. Preis 4,50 RM, für Mitglieder des Vereines deutscher Ingenieure 4 RM.

Im ersten, allgemeinen Teil erörtern die Verfasser einige wichtige Tagesfragen der technologischen Mechanik. Sie versuchen vor allem, darzulegen, welche Wichtigkeit den Dauerversuchen neben den altbewährten statischen Festigkeitsprüfungen beizumessen ist. Im allgemeinen wird auf die großen versuchstechnischen Vorteile des Verdrehversuches mit Nachdruck hingewiesen, insbesondre bei der Ausführung von Dauerversuchen. Die Verfasser bestreiten, daß der Dauerdrehversuch Ergebnisse zeitigt, die faserige Werkstoffe in mancher Hinsicht mißwerten lassen.

Weiter wird der Einfluß der Stabform, von Fehlstellen, schließlich insbesondere von Oberflächenfehlern bei Schwingungsversuchen erläutert. Der Einfluß von Oberflächenfehlern wird gegenwärtig im Festigkeitslaboratorium der Technischen Hochschule Braunschweig eingehend untersucht. Das Ergebnis soll demnächst in einer Dissertation veröffentlicht werden. Mitteilungen über einige parallele Dauerversuche bei Biege- und Verdrehungsschwingungen an Stahlguß, Schweißeisen, Flußeisen, Stahl und Duraluminlegierungen beschließen diesen Teil. Auf die Frage, ob für die Bruchgefahr bei Dauerbeanspruchungen die größte Dehnung oder die größte Schubspannung maßgebend ist, gewinnt man jedoch aus diesen Versuchen auch keine Antwort.

Das Hauptthema der Forschungsarbeit, die Abhängigkeit der Baustoffdämpfung von der Verformungsgeschwindigkeit, wird im zweiten Teil behandelt. Die Versuche wurden an der bekannten Drehschwingungsmaschine von Föppl-Busemann, die für veränderliche Zahlen von Schwingungen, 33 bis 45 in 1 s, umgebaut wurde, durchgeführt[1]). Die beiden Stäbe, Stahl und Kupfer, wurden bei statischer Verdrehung geeicht bei gleichzeitiger Bestimmung ihrer „statischen" Dämpfung, d. h. ihrer absoluten und relativen mechanischen Hysteresearbeit. Die Messungen wurden durchweg auf Laststufen unterhalb der Dauerfestigkeit beschränkt. Die Dämpfung beim Schwingungsversuch wurde auf zwei verschiedene Weisen gemessen, einmal im Beharrungszustand auf Grund der abgeleiteten Wärmemenge, das andre Mal aus der anfänglichen Erwärmungsgeschwindigkeit beim Anlaufen mit kaltem Stab. Nach sorgfältiger Untersuchung der möglichen Fehlergrenzen gelangen die Verfasser in Übereinstimmung mit anderen Forschern zu dem Ergebnis, daß die Dämpfung der Baustoffe bei Beanspruchung unterhalb der Dauerfestigkeit in dem vorerwähnten Bereich der Verformungsgeschwindigkeit unveränderlich ist. [E 1879] Dr.-Ing. F. László

Festigkeitslehre für Ingenieure. Von H. Winkel. Bearb. u. erg. von K. Lachmann. Berlin 1927, Julius Springer. 494 S. m. 363 Abb. Preis 26 RM.

Die im Lehrbuch verwendeten Hilfsmittel sind größtenteils elementar, die Anfangsgründe der Differentialrechnung hinzugerechnet; nur in einigen Abschnitten kommen Differentialgleichungen vor. Von einem Hochschüler kann Buch ohne weiteres benutzt werden; Absolventen höh Maschinenbauschulen ermöglicht es die weitere Einar tung in die Festigkeitsrechnung, besonders wenn sie auch noch in der Mathematik fortbilden; Ingenieure wer vor allem die vielen ausgearbeiteten technischen Beisp begrüßen.

[1]) Vergl. a. S. 1293.

Im Vergleich zu bekannten Lehrbüchern der Elasti und Festigkeit verzichtet der Verfasser auf weitgehende wendung der mathematischen Elastizitätstheorie (I u. a.), man findet auch nicht die eingehenden Erörterun der Grundlagen wie z. B. bei A. Föppl, oder das Her treten des Versuches wie bei Bach. Der Nachdruck ist v mehr auf die Anwendung gelegt, und zwar sowohl auf schulmäßige Einübung der Biegemomenten-, Schubkr und elastischen Linien, als auch auf technische Beisp wie Festigkeit und Formänderung von Drehbankspi Kurbelwelle, Maschinengestell, Schwungrad u. a. In di Hinsicht enthält das Buch eine Fülle nützlicher Arbeit, der der praktische Festigkeitsrechner viel Nutzen zie kann. Die rechnerischen, geometrischen und nomo phischen Hilfsmittel sind sehr schön gezeigt; die Abbil gen verraten den erfahrenen und geschickten Lehrer.

Weniger befriedigen manche Herleitungen; bei Knickung ist sie nicht einwandfrei, auch fehlt eine ansc liche Schilderung des Wesens der Knickung. Die Stell nahme gegenüber der mathematischen Elastizitätsthe S. 219 wird der Sache nicht gerecht, ebensowenig gegen der Plattentheorie, der wenig Wert beigelegt wird; die wände gegen die Voraussetzungen dieser Theorie g zu weit und treffen nicht zu. Die Plattentheorie gib die Eigenart der Plattenfestigkeit und die ungleichmä Spannungsverteilung Einblicke, die keine Näherungsr nung zu geben vermag. Die allgemeinen Elastizi gleichungen sind dagegen benutzt bei den Rohren u Innendruck, umlaufenden Scheiben und bei der Ver dung von Stäben, wo die Darstellung A. Föppls, die beit C. Webers und das Seifenhautgleichnis von Pra berücksichtigt sind. Die Verdrehung von ⊔- und ⊾- filen ist nicht erwähnt. Die Biegegleichung für sc Belastung, S. 139, ist auf ⊔-, ⊺- oder ⊾-Profile (s. spiel S. 141) nicht anwendbar, was bei Ableitung j Gleichung darzulegen wäre.

In der Frage der Festigkeitshypothesen schließt der Verfasser der Schubhypothese (Mohr, Guest) an, nutzt daneben auch die Dehnungshypothese, „deren der deutsche Maschinenbau gerne bedient". Das Bach Anstrengungsverhältnis α_0 ist auf S. 60 und 284 n deutlich erklärt, fehlt auch in der Gleichung der Sc hypothese. Vermißt wird auch die Erörterung der Gü keitsgrenzen der einzelnen Festigkeitsrechnungen.

Durch diese Beanstandungen wird der Hauptwert Buches, der in seinen zahlreichen technischen Anwendu beispielen liegt, wobei auch dem Maschineningenieur w ger geläufige Verfahren herangezogen werden, nicht he gesetzt. Das Buch enthält für die praktische Anwen der Festigkeitsrechnung außerordentlich viel Wertv und es ist zu wünschen, daß es erhalten bleibt un Neuauflagen das Fehlende ergänzt wird. Enßli

[E 1807]

e physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Von N. Semenoff und A. Walther. Berlin 1928, Julius Springer. 168 S. m. 116 Abb. Preis 16,50 *RM*.

In dem sehr beachtenswerten Buche geben die Verfasser ıen zusammenfassenden Bericht über die in der elektriıen Abteilung des Physikalisch-Technischen Laboraıiums in Leningrad ausgeführten Arbeiten, deren Einzelgebnisse in deutschen Fachzeitschriften größtenteils schon röffentlicht sind.

Der erste Teil bringt eine kritische Übersicht über die kannten und neuen Verfahren zur Ausmessung elektriıer Felder. Ihre Anwendbarkeit wird an der Hand von ıtersuchungen technisch wichtiger Anordnungen wie ahtgitter, Diaphragmen, Stützenisolatoren und Drehomkabel erläutert.

Im zweiten Teil werden die bisherigen Ergebnisse der ıtersuchung elektrischer Entladungen in hoher Luftleere Hinblick auf Anwendungsmöglichkeiten besprochen.

Der dritte und umfangreichste Teil des Buches beschäft sich mit dem Durchschlag von festen Isolierstoffen. Die ıtersuchung der Durchschlagfestigkeit von Steinsalz, Glas ıd Glimmer in Abhängigkeit von der Temperatur hat die rfasser zu der grundlegend neuen Erkenntnis geführt, daß Durchschlagvorgang bei niedriger von dem bei höherer ıperatur wesensverschieden ist, im ersten Falle durch Feldstärke, im zweiten durch die Stromwärme bedingt rd. Die bestehenden Durchschlagtheorien werden ausırlich behandelt, die Grenzen ihrer Gültigkeit aufgezeigt; Widersprüche und Übereinstimmungen mit den Verıhsergebnissen wird hingewiesen. Besonders zu begrüßen s die Klarstellung des meist zu wenig beachteten Einıses von Elektrodenform und Umgebung der Probe die Durchschlagspannung. Neu ist auch die Erklärung Nachladestromes und der Abhängigkeit des Widerstanı der Isolierstoffe von der Feldstärke durch elektroysche Polarisationserscheinungen.

Das ausgezeichnet klar und kritisch geschriebene Buch ıngt wertvolle neue Gesichtspunkte und trägt demnach zu ıer Vertiefung unsrer Kenntnis vom Durchschlag wesentı bei. In übersichtlicher Weise wird der Leser mit dem ıesten Stande der Forschung auf den behandelten Sonderıeten nach der theoretischen und experimentellen Seite ıi bekanntgemacht. Das Studium des Werkes kann warm ıfohlen werden. [E 1845] Handrek

Wserkraft-Jahrbuch 1927/28. (3. Jahrg.) Herausgeg. von Dantscher und C. Reindl. München 1928, ichard Pflaum. 458 S. m. 241 Abb. u. 3 Taf. Preis 20 *RM*.

Im 1. Abschnitt wird „die Entwickelung der Wasserrtnutzung“ in verschiedenen Ländern Europas dargeıtet. Die letzten schlechten Zeiten haben zwar einen mäßielen Einfluß auf den Bau von Wasserkraftanlagen ausıt, man muß sich aber wundern, daß noch soviel gebaut wi. Das geht namentlich aus den Ausführungen hervor, ıie Krieger über Deutschland macht.

Im 2. Abschnitt wird „die Verwertung der Wasserkräfte“ behandelt. Dabei spielen Wirtschaftlichkeit und ıie Bahnelektrifizierung eine hervorragende Rolle. Die Auführungen von Hruschka sind besonders bemerkensweı. Er zeigt sich als ein feiner Kenner aller einschlägigeı Verhältnisse und weiß, welche verschiedenen Gruppen voı Ingenieuren zusammenarbeiten müssen, um einen wirkıcln Erfolg zu erzielen.

Im 3. Abschnitt: „Der Ausbau der Wasserkräfte“, wird gezgt, welchen Einfluß der Ausbau auf die landschaftıcln Verhältnisse ausübt. Es wird die Geschiebeführung erlitert und es werden den Eisschwierigkeiten besondere Beahtung geschenkt.

Der 4. Abschnitt befaßt sich mit „Wasserkraftmaschiıen Ungerer bespricht die Abmessungen der einzelnen ıinensysteme, auf die man in der letzten Zeit gekommen ist. Dabei wird der „Weltgröße“ zu häufig Erwähnung getan. Kaplan schildert die Entwicklung seines Laufrad. Besondere Beachtung verdient ein Aufsatz von Lehner und Zimmermann über die hydraulischen Grudlagen der axialen Propellerturbinen.

Im großen und ganzen ist das neue Wasserkraft-Jahrbuc sehr lehrreich und rechtfertigt die Herausgabe weiterer Jahrgänge. [E 1858] E. R.

Fraıtverhältnisse und Frachtlage der amerikanischen Eenindustrie. Von Fritz von Haniel. Berlin 1928, VI-Verlag. 62 S. m. 10 Abb. Preis 4 *RM*, für Mitgeder des Vereines deutscher Ingenieure 3,60 *RM*.

Das Heftchen will einen gedrängten Überblick über die ıigen Frachtverhältnisse des Eisenhüttengewerbes in ıı ereinigten Staaten geben und ihre Auswirkung zeigen. ıie Aufgabe ist recht gut gelöst. Die Gliederung ist ıerchtlich und klar. Die entscheidenden Gesichtspunkte sind gut herausgestellt und mit umfangreichen Zahlenangaben und Schaubildern belegt. Auch die Schlußfolgerungen des Verfassers sind einleuchtend und wohl zutreffend.

Im Hinblick auf den Zweck des Büchelchens — doch wohl der Vergleich mit deutschen Möglichkeiten — hätte man gewünscht, daß der Verfasser die Aufgabe etwas breiter gefaßt und auch kurz die Selbstkosten der Fortbewegung, die öfter berührt werden, behandelt hätte. Letzten Endes kommt es doch auf die tatsächlichen Frachtkosten und nicht auf die Höhe der Frachtsätze an, wie der Verfasser gelegentlich selbst bemerkt.

Beachtenswert ist manches, was zwischen den Zeilen liegt. So die Erkenntnis, daß die großen amerikanischen Wirtschaftsgebilde ihre Unternehmen nicht volkswirtschaftlich zu führen vermögen, nicht immer das augenblickliche Geldverdienen den allgemeinen Belangen und damit, weitblickend gesehen, den eigenen Belangen untergeordnet haben. Erst staatlicher Eingriff, nicht eigene Erkenntnis hat Auswüchse abzuschneiden versucht. Sehr wertvoll sind die Quellenangaben, die vielfach beigefügt sind, sowie ein Verzeichnis einschlägigen amerikanischen und deutschen Schrifttums. [E 1928] F. Schönberger

Die Stuhlfabrikation. Von Robert Lippmann. Hannover 1928, Selbstverlag. 234 S. m. 146 Abb. Preis 12,50 *RM*.

Das Buch ist ein Handbuch für die Praxis; es ist wahrscheinlich aus der Organisationsarbeit an vielen Fabriken entstanden und bringt nicht nur die besonderen Betriebsbedingungen der Stuhlherstellung, sondern ebenso wie die früheren Bücher des Verfassers Betriebswirtschaftliches der Holzbearbeitung an sich unter besondrer Berücksichtigung der von der Firma Lippmann benutzten Unterlagen. Ich erwähne dies, weil man leicht versucht ist, den wertvollen Kern der Lippmannschen Arbeit nicht zu erkennen. Es ist jedoch unzweifelhaft, daß das Buch eine Bereicherung des betriebswirtschaftlichen Schrifttums über Holzbearbeitung darstellt. Besonders erfreulich ist, für die gebräuchlichsten Maschinen Kurven für die Vorschubverhältnisse und Schnittgeschwindigkeiten, sowie Zeichnungen für die üblichen Sägen zu finden. Soweit wie irgend möglich, unterstützt Lippmann seine Angaben und Maschinenbeschreibungen reichlich durch Zeichnungen und Zahlenangaben. Mit Rücksicht und unter stetem Hinweis auf die Rationalisierungsbestrebungen in der Holzindustrie zeigt er vor allen Dingen auch Vorrichtungen für die Bearbeitung und den Zusammenbau und bespricht die Fabrikationseinrichtungen stets unter dem Gesichtspunkt neuzeitlicher Fertigung. Die Stuhlfabrikation ist mit ihren Sondermaschinen und ihrer Fertigung meistenteils großer Reihen besonders geeignet, der Holzbearbeitung Mittel und Wege zu wirtschaftlicher Gestaltung zu zeigen. Darin liegt m. E. der besondere Wert des Buches. Eine kurze Zusammenstellung über die Trocknung und Dämpfung der Hölzer gibt einen sehr notwendigen, guten Überblick. Gleichfalls erwähnenswert ist die Beschreibung der amerikanischen Stuhlfabrik „Ballimo“. Sehr erwünscht wäre gewesen, wenn auch die Herstellung der sogenannten „Wiener-Stühle“ behandelt wäre. Vielleicht findet sich dazu bei einer späteren Auflage Gelegenheit, da wir seit dem Buch von W. F. Exner: Das Biegen des Holzes, Leipzig 1922, Neues darüber noch nicht wieder gelesen haben. Bei einer späteren Auflage wäre gleichfalls erwünscht, den Absatz „Fertigungskosten, Rechnung und Betriebsbuchhaltung“ so überarbeitet zu sehen, daß die Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit der Organisationen der Ingenieure und der metallverarbeitenden Betriebe berücksichtigt sind. Die Sprache und Aufstellung des Buches ist leicht verständlich und dem Leserkreis angepaßt.

[E 1856] Dipl.-Ing. W. Müller.

Lebende Bücher. Herausgeg. von Adalbert Deckert. **Die Unterbettung und Lagerung des Querschwellengleises.** Von Arthur Schmitz. Wittenberg 1927, A. Ziemsen. 163 S. m. 159 Abb. Preis 5,20 *RM*.

Das vorliegende Buch behandelt in eingehender Weise ein Teilgebiet des Oberbaues, mit dem sich das neuere Schrifttum der Gleistechnik trotz der großen Bedeutung, die die Bettung für die Wirtschaftlichkeit der Bahnunterhaltung hat, noch sehr wenig befaßt hat. Leider scheint das Werk als eine nicht vollkommen abgeschlossene Arbeit des verstorbenen Verfassers herausgegeben zu sein.

Die Gliederung des Stoffes ist nicht immer klar und übersichtlich. Nicht selten werden Einzelheiten mehrfach wiederholt oder zu weitschweifend dargestellt. Anderseits wird durch den fast durchweg angewandten abgekürzten Satzbau der Inhalt oft schwer verständlich.

Neben den für die Herstellung und Behandlung der Bettung und für die Unterhaltung des Gleisgestänges allgemein als richtig erkannten und daher maßgebenden Grundsätzen finden sich veraltete Anschauungen, ohne daß eine kritische Betrachtung über die Zweckmäßigkeit oder Unzweckmäßigkeit der einen oder andern Ausführungsweise Aufschluß gibt.

Es ist bedauerlich, daß der Wert des Buches durch die vorhandenen an und für sich kleinen Mängel, die leicht beseitigt werden können, herabgemindert wird. Jedenfalls wird es, wenn in einer weiteren Auflage eine Neuordnung und übersichtliche Darstellung des inhaltreichen Stoffes durchgeführt wird, eine fühlbare Lücke im Schrifttum des Oberbaues ausfüllen können.

[E 1847] Herwig

Jahrbuch der Elektrotechnik. Herausgeg. von Karl Strecker. 14. Jg. 1925. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 285 S. m. Abb. Preis 16 RM.

Übersicht über die wichtigeren Erscheinungen des Schrifttums auf dem Gesamtgebiete der Elektrotechnik, unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen und mit besonderer Unterstützung des Zentralverbandes der Deutschen elektrotechnischen Industrie bearbeitet. Wertvolles Inhaltsverzeichnis.

Länderkarten des europäischen Fernsprechnetzes. Sonderheft des „Europäischen Fernsprechdienstes". Herausgeg. von P. Craemer und A. Franke. Berlin 1928, Verlag Europäischer Fernsprechdienst. 247 S. m. 32 Kartenblättern. Preis 5 RM.

Das Sonderheft bringt in umfangreichen Tafeln Verzeichnisse der zwischenstaatlichen Fernsprechbeziehungen, der europäischen und einzelstaatlichen Fernsprechnetze und des Funk-Fernsprechverkehrs Deutschland–Amerika; 32 Karten ergänzen die Tafeln.

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Bücherei. 17. Bd.: **Die Hauptfragen der heutigen Naturphilosophie.** 1. T. Von B. Bavink. Berlin 1928, Otto Salle. 121 S. mit 2 Abb. Preis 3,30 RM.

Naturerkenntnistheorie: Raum, Zeit und Bewegung. — Der Erkenntnisprozeß in der Physik. — Das Problem der physikalischen Begriffsbildung. — Das Universalienproblem. — Kausalität, Erklärung und Beschreibung.

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Bücherei. 19. Bd.: Mathematische Quellenbücher. 3. T. **Analytische und synthetische Geometrie.** Von Heinrich Wieleitner. Berlin 1928, Otto Salle. 89 S. m. 22 Abb. Preis 2,50 RM.

Durch Anwendung auf elementare Aufgaben entstand die algebraische Geometrie, die heute noch einen beliebten Übungsstoff für den Schulunterricht abgibt. Indem man aber die algebraische Rechnung auf die bei Archimedes und besonders bei Appolonios vorhandene Lehre von den Kegelschnitten anwandte, entstand die analytische Geometrie.

Richtige Reklame. Von Harry Tipper, Harry L. Hollingworth, G. U. Hotchkiss, F. A. Parsons. 2. Aufl. Ins Deutsche übersetzt von H. Hahn. Berlin 1928, Julius Springer. 468 S. m. 122 Abb. und 4 Taf. Preis 22,50 RM.

Betriebswirtschaftliches Archiv. 3. H.: **Die kaufmännis Auftragsbearbeitung in der Großindustrie.** Von Alf Knoerzer. Leipzig 1928, G. A. Gloeckner. 54 S. P 3 RM.

Wörterbuch der elektrischen Nachrichtentechnik. 1. Französisch-Deutsch. Von O. Sattelberg. Berl Tempelhof 1928, Selbstverlag. 187 S. Preis 9,75 RM.

Technisches Hilfsbuch der Oesterreichisch-Alpinen Mont gesellschaft. Wien 1928, Julius Springer. 66 S. P 3,60 RM.

Le Molle. Von Piero Gradenigo. 1. bis 4. Bd. Tu S. Lattes & Co.

1. Bd.: Strutture degli aciai. S. 1—164 m. 155 Abb. P 35 L.

2. Bd.: Tecnologia delle molle. S. 165—323 m. 135 A Preis 35 L.

3. Bd.: Collaudo delle molle. S. 324—471 m. 22 A Preis 30 L.

4. Bd.: Calcolo delle molle. 268 S. m. 108 Abb. Preis 4 Preis für Bd. 1 bis 4 120 L. zuzüglich Verpackung Porto.

Maschinenkunde für Webeschulen. Von Karl Mikolschek. 1. T.: Maschinenteile und Triebwerke. 5. A Von A. Stör. Wien und Leipzig 1928, Franz Deutic 100 S. m. 201 Abb. Preis 2,60 RM.

Werkzeugmaschine und wirtschaftliche Betriebsführu Von F. Theimer. Wien 1928, Ausschuß für w schaftliche Betriebsführung. 64 S. m. 43 Abb. P 3,50 ö. S.

Grundzüge der Psychotechnik. Von Hugo Münsterberg. 3., mit der 2. übereinstimmende Auflage. Le zig 1928, Johann Ambr. Barth. 767 S. Preis 26,50

Highway Engineering. Von John H. Bateman. L don 1928, Chapman & Hall. 418 S. m. 181 Abb. P 30 sh.

Monographien über chemisch-technische Fabrikatio methoden. 42. Bd.: **Die aktive Kohle, ihre Herstell und Verwendung.** Von Oskar Kausch. Halle a. d. 1928, Wilhelm Knapp. 342 S. m. 97 Abb. Preis 23,50

Lehr- und Handbuch über **die Papierfabrikation und de Maschinen.** Von Friedrich Müller. 2. Bd. Bibera Riss 1928, Verlag des „Wochenblattes für Papierfa kation" Güntter-Staib. 466 S. m. 284 Abb. Preis 35 für das Ausland 36 RM.

Stilkes Rechtsbibliothek Nr. 44: **Automobilgesetz** (Reic gesetz über den Verkehr mit Kraftfahrzeugen). Fritz Müller. 3. Aufl. Berlin 1928, Georg Stil 1008 S. m. Abb. Preis 20 RM.

Handbuch der Lederindustrie. 2. Bd.: Ledertreibriem Fabriken. Unter Mitwirkung von Ludwig Jablon Berlin 1928, Atlas-Verlag Dr. Alterthum & Co. 136 Preis 12 RM.

Härten und Vergüten. Von Eugen Simon.

Berichtigung. Der Verfasser des in Nr. 26 S. besprochenen Buches teilt im Einverständnis mit dem sprecher mit, daß diese Arbeit nicht jetzt, sondern sc 1923 erschienen ist. Dadurch erklären sich die vom Besp cher erwähnten Unstimmigkeiten zwanglos. [N 2011

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
. 72 SONNABEND, 22. SEPTEMBER 1928 Nr. 38

Die Zwillingsschachtschleuse bei Fürstenberg a. d. Oder

Von Regierungsbaurat E. Möller, Duisburg-Meiderich

Übersicht über die Maßnahmen zur Verbesserung der Mündungsstrecke des Oder-Spree-Kanals bei Fürstenberg — Ersatz des dreistufigen Abstiegs in Doppelschleusen durch eine Schachtschleuse in nur einer Stufe — Speisung der Schleuse — Hauptabmessungen und Querschnitt mit Bewehrung — Am Oberhaupt Klapptor mit besonderer Pendelaufhängung — Anordnung der Umlaufkanäle am Oberhaupt — Zylinderschützen und Notverschlüsse der oberen Umlaufkanäle — Verbindungskanäle und ihre Abdichtung mittels Zylinder und Walzenschieber — Am Unterhaupt Hubtore als Riegeltore ausgebildet — Torantrieb — Umlaufkanäle im Unterhaupt mit besonderem Auslauf — Rollkeilschützen der unteren Umlaufkanäle

Ausbau der Endstrecke des Oder – Spree-Kanals

Die oberschlesische Industrie hat von jeher gegen den an sich viel leistungsfähigeren Westen einen schweren Kampf um die Absatzgebiete in Mittel-[...]schland, insbesondere in Groß-Berlin, führen müssen. [...]er Kampf wird sich zum Nachteil Schlesiens verschär-[...]n wenn das noch fehlende Stück des Mittellandkanals [...]chen Weser und Elbe fertiggestellt und damit der [...]deutschen Industrie die [...]ge Wasserverfrachtung [...]s nach Berlin ermöglicht [...]t. Schlesien fordert daher, [...]gleichzeitig mit dem Bau [...]s Mittellandkanals die öst-[...]chen Wasserstraßen für den [...]ehr mit großen Schiffen [...]gebaut werden. Diese [...]derung, die von allen am [...]üen der schlesischen In-[...]s ie interessierten Kreisen [...]it Nachdruck vertreten [...]ir hat auch die Unter-[...]ützung der Staatsbehörden [...]funden. Die Reichswasser-[...]raßenverwaltung hat die [...]irlichsten Arbeiten, näm-[...]ch die Verbesserung der [...]chwasserverhältnisse auf [...]er der und den Ausbau des [...]de-Spree-Kanals für große [...]chiffe bereits in Angriff ge-[...]men, während weitere [...]läne, wie insbesondere der [...]bau des bis ins Herz des [...]chlesischen Industriegebiets [...]hrenden Klodnitzkanals auf [...]re Bauwürdigkeit hin un-[...]ersucht werden.

[...]m weitesten fortge-[...]chritten sind die unmittelbar [...]ach Beendigung des Krieges [...]n Angriff genommenen Ar-[...]eiten für den Ausbau der [...]ündungsstrecke des Oder-[...]Spree-Kanals, Abb. 1. Hier [...]genügten die Kanalstrecke [...]nterhalb der Schleusen-[...]treppe und die Ausmündung des Kanals in die Oder in [...]keiner Weise den Ansprüchen des Verkehrs mit großen Schiffen. Der Kanal wird daher vertieft, begradigt und verbreitert. Das schlimmste Schiffahrtshindernis, die sogenannte Deichbrücke mit nur 20 m Durchfahrweite, wird durch ein neues Brückenbauwerk mit 60 m lichter Weite zwischen zwei Pfeilern ersetzt. Die Kanalmündung wird etwa 1 km weiter stromauf gelegt, an eine Stelle, wo sie weniger der Versandung ausgesetzt ist, und wo die Einfahrt für die Schiffe voraussichtlich einfacher und leichter vonstatten gehen wird als bisher.

Abb. 1
Mündung des Oder-Spree-Kanals bei Fürstenberg a. O.

Für den Abstieg von der Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals zur Oder war bisher eine Schleusentreppe aus drei Doppelschleusen vorhanden. Diese Schleusen sind für die in Zukunft zu erwartenden großen Schiffe zu klein; sie zeigen überdies bauliche Schäden, die es ratsam erscheinen ließen, von einem Umbau der vorhandenen Schleusen abzusehen und ein neues Abstiegbauwerk in einem besonderen Umgehungskanal zu errichten. Der Umgehungskanal zweigt kurz oberhalb der alten Schleusentreppe ab und mündet etwa 2 km unterhalb der Unterschleuse wieder in den alten Kanal. Der 3 m tiefe Umgehungskanal ist dreischiffig ausgebaut mit 47 m Wasserspiegelbreite, die Vorhäfen sind mit Rücksicht auf den zu erwartenden Verkehr auf mehr als 100 m verbreitert.

Am östlichen Ufer des Kanals hat die Stadt Fürstenberg einen größeren Umschlaghafen errichtet, der bald nach der Eröffnung schon einen recht lebhaften Verkehr aufwies. Unmittelbar unterhalb des Hafens ist ein Nadelwehr erbaut, mit dessen Hilfe der obere Vorhafen trocken gelegt werden kann. Als weitere größere Bauten am Umgehungskanal sind noch zwei Straßenbrücken und eine zweigleisige Eisenbahnbrücke mit 80 m Öffnung zu erwähnen.

Bauart der Schleuse

Das bedeutendste Bauwerk im Umgehungskanal ist die Zwillingsschachtschleuse, die das Gesamtgefälle der Schleusentreppe in einer Stufe überwindet. Das Gefälle ist vom Wasserstande der Oder abhängig und beträgt bei NNW 14,28 m, bei HHW dagegen nur 9,07 m. Ein Hebewerk an Stelle der Schachtschleusen wäre bei diesem stark wechselnden Gefälle nicht wirt-

Abb. 2 und 3
Längsschnitt und Grundriß des Schleusenbauwerks. 1 : 1200.

a Maschinenräume *b* Tornischen *c* Montageschacht *d* Gegengewichte *e* Nadellehnenkanäle *f* Schutzschächte *g* Fahrstuhlschächte *h* Pegelschacht *i* Klapptor

schaftlich gewesen, um so weniger, als die Pumpkosten für die Speisung der Scheitelhaltung verhältnismäßig gering sind. Die Speisung erfolgt nämlich vorwiegend aus der Spree, wo nur 1,1 m Druckhöhe zu überwinden sind. Aus der Oder wird nur dann gepumpt, wenn die Spree sehr wenig Wasser führt. In solchen trockenen Zeiten läßt jedoch auch der Verkehr auf der Oder und damit der Wasserverbrauch der Schachtschleusen erheblich nach.

Überdies ist bei dem Entwurf von vornherein auf Wasserersparnis Bedacht genommen. Das Bauwerk besteht aus zwei nebeneinander liegenden Schachtschleusen, die durch besondere Kanäle im Oberhaupt miteinander in Verbindung stehen. Im Betrieb steht immer die eine Schleuse auf Oberwasser, die andre auf Unterwasser, so daß nach dem Einfahren der Schiffe gleichzeitig mit der einen Schleuse herunter-, mit der andern heraufgeschleust wird. Beim Schleusen werden zuerst die Wasserspiegel in beiden Kammern durch die Verbindungskanäle ausgeglichen und dadurch 50 vH des Schleusenwassers erspart, dann wird die eine Kammer nach dem Unterwasser entleert, die andre aus dem Oberwasser gefüllt. Eine noch größere Wasserersparnis hätte sich durch Anordnung von Sparbecken in den Seitenmauern erreichen lassen, hiervon wurde jedoch abgesehen, einmal mit Rücksicht auf die nicht sehr günstigen Gründungsverhältnisse, die ein möglichst einfaches und massives Bauwerk vorteilhaft erscheinen ließen, dann auch weil die Baukosten für Speicherschleusen so viel größer waren, daß wirtschaftliche Vorteile trotz Verringerung der Pumpkosten nicht erreicht worden wären.

Jede der beiden Schleusenkammern, Abb. 2 bis [illegible] eine nutzbare Länge von 130 m und eine Breite von [illegible] so daß gleichzeitig zwei Kähne von 55 bis 65 m Läng[illegible] 8 m Breite, wie sie jetzt am häufigsten auf der Oder [illegible] kommen, aufgenommen werden können. Ferner finde[illegible] flachgehende 1000 t-Flußschiff mit 80 m Länge und 1[illegible] Breite nebst zwei Finowkähnen in der Schleuse Platz. [illegible] noch größere nutzbare Länge der Schleusen, die es er[illegible] licht hätte, ganze Schleppzüge durchzuschleusen, war [illegible] erforderlich; denn die großen Oderschlepper gehen [illegible] auf den Kanal über; hier sind vielmehr besondere kle[illegible] Schleppdampfer vorhanden. Auch kommen die bela[illegible] Kähne oderabwärts einzeln an, da sie ohne Schleppe[illegible] dem Strom herabschwimmen.

Die Wassertiefe über dem Oberdrempel der Schle[illegible] beträgt 3,5 m über dem Unterdrempel bei M W 5,35 m [illegible] bei N N W 3,44 m, dabei ist auf die Wasserspiegelscha[illegible]

Abb. 4
Querschnitt durch das Oberhaupt mit Klapptor. Blick gegen das Unterwasser. 1 : 600.

Abb. 6 Querschnitt durch eine Schleusenkammer am Oberhaupt. 1 : 200.

Die Angaben über die Zahl der Eiseneinlagen beziehen sich auf je 1 m Länge.

...gen sowie auf die Möglichkeit Rücksicht genommen, da der Wasserspiegel der Oder sich im Laufe der Jahre entsprechend den bisherigen Beobachtungen absenkt. Der Achsabstand der beiden Schleusen beträgt 34 m, dies Maß ist bedingt wegen der Unterbringung der Verschlüsse für die Verbindungskanäle, die in einem besonderen Raum zwischen den beiden Oberhäuptern liegen.

Abb. 5
Schnitt durch die Tornischen des Unterhauptes. 1 : 600.

Die Schleuse ist aus Beton gebaut, der je nach den Beanspruchungen der verschiedenen Querschnitte Eiseneinlagen erhält, Abb. 6. Die Sohle hat eine Dicke von rd. 5 m mit starker Eisenbewehrung in der oberen und der unteren Zone. Die Seitenmauern haben einen Anlauf von 1 : 100; infolgedessen erweitert sich die Kammerbreite von 12 m nach oben hin auf 12,34 m. Die Dicke der Mauern beträgt in Höhe der Kammersohle 10,8 m; der Fuß ist aus statischen Gründen sehr stark vorgezogen, in einer Höhe von 3,3 m über der Sohle ist die Mauer daher nur noch 6 m breit, sie verläuft dann sehr schlank und ist in Plattformhöhe 1,5 m breit. Auch die Seitenmauern sind an der vorderen und der hinteren Zone mit Eisen bewehrt. Die kräftige Ausbildung des Schleusenquerschnitts, insbesondere die starke Sohle und die reichlichen Eiseneinlagen sind infolge des nachgiebigen Untergrundes notwendig. Die Häupter sind massig aus-

Abb. 7

Abb. 9
Pendelaufhängung des Klapptor

Abb. 7 bis 10
Klapptor mit langer Pendelaufhängung. 1 : 150.

Abb. 8

geführt, nur unterbrochen durch Aussparungen für die Umlaufkanäle, Schützenschächte, Maschinenräume usw.

Das ganze Schleusenbauwerk ist entsprechend seiner Hauptgliederung in fünf Teile aufgelöst, nämlich die beiden durch eine Fuge getrennten Unterhäupter, die beiden getrennt gegründeten Kammern und das auf gemeinsamer, durchgehender Sohle stehende doppelte Oberhaupt. Das Oberhaupt ist mit Rücksicht auf die hier liegenden Kanäle nebst Verschlußvorrichtungen zur Verbindung der beiden Schleusenkammern nicht geteilt worden. Die Trennungsfugen zwischen den fünf Hauptteilen sind sorgfältig gedichtet, und zwar insbesondere durch eine etwa in der Mitte des Betonkörpers liegende biegsame Bleiplatte, mit starken goudronierten Stricken belegt und mit imp gnierter Jute umwickelt ist.

Außerdem ist an der Kammerseite ein von zwei W keln gesäumter Schlitz vorgesehen, der nach hinten dur einen goudronierten, von vornherein miteinbetonier starken Strick abgeschlossen ist, während er von vorne ebenfalls goudronierten Stricken wie eine Kalfaterf verstemmt wird. Ein späteres Nachdichten ist dabei m lich. Schließlich ist auf der Rückseite der Mauer nc eine schmiegsame Bleiasphaltpappe aufgeklebt. Die Ka mersohle zwischen den Trennungsfugen ist für den Be

Schnitt C-D

+42,00 +42,00 +39,5

RZ 1310 Z 9

Abb. 10
Klapptor, vom Oberwasser her gesehen.

gang in sieben Baublöcke eingeteilt, die Arbeitsfugen schen den einzelnen Blöcken sind jedoch mittels durchender Rundeisen gewissermaßen vernäht, so daß eine heitliche Platte hergestellt ist. Im aufgehenden Mauerk der Kammermauern sind dagegen in etwa 35 m Abnd Trennungsfugen vorgesehen, die wie die vorher genten Fugen gedichtet sind. Zwischen diesen Fugen lie noch je zwei Dehnungsschlitze zur Aufnahme von rmespannungen, diese reichen nicht durch die ganze ner, sondern sind nur an der freien Mauerseite 1 m tief gebildet.

Klapptore am Oberhaupt

Als Oberhauptverschlüsse dienen Klapptore, die den teil bieten, daß keinerlei den Überblick behindernde bauten erforderlich sind. Eine solche Behinderung ri auch durch die Maschinenräume nicht ein, da diese enkt angeordnet sind. Die Klapptore zeigen mit Ausane der Lagerung im allgemeinen die übliche Bauart lsRiegeltore von 13,14 m Breite, Abb. 7 bis 10. Die Laeng ist so ausgebildet, daß die unten am Drempel lieelen Drehachsen der Tortafeln in langen, dicht unter ePlattform aufgehängten Pendeln gelagert sind. Damit ieTore trotz der langen Pendel während des Betriebes n er richtigen Lage gehalten werden, sind beiderseits in ishen an den Kammerwänden gefederte Druckstangen nbracht, die unter einem Winkel von etwa 45° vom rzapfen des Tores bis dicht unter Plattformhöhe ge-lt sind, Abb. 9.

Die Pendelaufhängung ermöglicht, nachdem die Oberate des Tores mit dem oberen Lager des Pendels durch in starken Bolzen verbunden ist, das Klapptor aus dem aser zu heben, es ist also bei Beschädigungen usw. icl erforderlich, den Notverschluß zu setzen um das lptor trocken zu legen. Das Gewicht des Klapptores, asrd. 30 t beträgt, ist im eingetauchten Zustande rn eingebaute Schwimmkasten nahezu ausgeglichen. lsDichtung sind Holzbalken vorgesehen, die am Tor beestt sind und sich gegen einen im Beton verankerten nshlagrahmen aus hochwertigem Gußeisen mit aufgehubter Stahlleiste legen. Um das Einklemmen von redkörpern am unteren Anschlag zu verhindern, wird r chlitz zwischen Anschlag und Tortafel durch Schleppece überdeckt, Abb. 11. Jedes Tor wird mittels Zahnnen durch zwei beiderseits der Kammer angeordnete ntebe bewegt, die aus einem Schneckenvorgelege mit ntebmotor und einer Ausgleichmaschine bestehen, danit r Gleichlauf der beiden zu einer Tortafel gehörenden ntebe auf elektrischem Wege sichergestellt ist. Für edesKlapptor sind zwei Motoren vorgesehen, die rd. 25 PS uf e Dauer von 45 min leisten.

ie Antriebe sind auf beiden Seiten des Tores in verenkn Maschinenräumen untergebracht. Die Tore, Laer nd Antriebe sind so bemessen, daß die Tore gegen inerWasserdruck bis zu 0,5 m geöffnet werden können. ls otverschlüsse am Oberhaupt sind Nadelverschlüsse orgehen, die Nadellehne liegt in einer Versenkung der lattrm und wird bei Bedarf auf Rollen und mittels inesPrahmes oder untergelegter Führungseisen vorgecholn.

Umlaufkanäle im Oberhaupt

Vor dem Klapptor nach dem Oberwasser zu liegt eine etwa 3 m tief in den Drempel eingeschnittene Rinne, durch die das Wasser nach den beiderseits abzweigenden Umlaufkanälen läuft. Die Umlaufkanäle zum Füllen der Schleuse vom Oberwasser aus sind so durch das Mauerwerk des Drempels geführt, daß sie von oben her mitten in die Decke des Drempelhohlraumes münden, von wo aus das Wasser in die Schleuse tritt. Dort münden auch die Verbindungskanäle, die zum Wasserausgleich beim Zwillingsbetrieb dienen. Hiervon sind vier vorhanden, die aber kurz vor der Einmündung in die Drempelausläufe zu zweien zusammengefaßt sind. Nach den in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin angestellten Modellversuchen ist bei der gewählten Anordnung der Kanäle und bei dem in breitem Strom erfolgenden Austritt des Wassers vom Drempel her eine günstige Wasserführung und ruhige Lage der Schiffe in der Schleuse zu erwarten.

Abb. 11
Klapptor am Oberhaupt mit Schleppblechen.

Abb. 15
Mittelführung.

Abb. 12 bis 14
Glocken-Zylinderschütze mit Mittelführung. 1 : 75. Anordnung des Schützenantriebes.

Verschlüsse der Umläufe im Oberhaupt

Als Verschlüsse der vom Oberwasser kommenden Umlaufkanäle dienen für jede Schleuse zwei Glockenzylinderschützen mit Mittelführung, Abb. 12 bis 15. Der Durchflußquerschnitt beträgt je 7 m². Jede Schütze besteht aus einer festen nach unten offenen Glocke und aus einem beweglichen zylindrischen Teil, der sich beim Öffnen der Schütze in die Glocke hineinschiebt. Die Glocke ist durch kreuzweis angeordnete Träger am Mauerwerk verankert, und trägt in der Mitte des Glockendeckels einen Führungszylinder, Abb. 15. Dieser dient zur Führung der Mittelachse, an die der bewegliche Zylinderteil mittels Kreuzarme angeschlossen ist. Ein Gummiring dichtet den beweglichen Teil oben gegen die Glocke ab, während als untere Dichtung ein am unteren Kranz des Zylinderringes befestigter Stahlring dient, der sich auf einem im Mauerwerk verankerten Stahlring auflegt, Abb. 14.

Der bewegliche Teil der Schütze ist in der Achse mit einer Gliederkette aufgehängt, die sich beim Öffnen um eine Kurvenscheibe wickelt. Dadurch wird zum Zweck günstiger Ausströmverhältnisse erreicht, daß bei gleicher Winkelgeschwindigkeit die Öffnungsgeschwindigkeit der Schütze ständig zunimmt, Abb. 16 und 17. Das Gewicht

Abb. 16
Kurbelkurvenscheibe zur Regelung der Öffnungsgeschwindigkeit der Zylinderschützen, geliefert von den Krupp-Gruson-Werken, Magdeburg.

ganzen Schütze ohne Antrieb beträgt rd. 12 t. Die torleistung beträgt rd. 7 PS bei 780 U/min und 45 min ıfzeit.

Notverschlüsse sind nur nach dem Oberwasser vorgeen, und zwar befinden sich vorn am Mauerwerk eiserne litze, in welche Tafeln eingesetzt werden. Die gleichen litze dienen während des Betriebes zur Aufnahme von ausnehmbaren Grobrechen.

Die vier Verbindungskanäle der beiden Schleusen sind ch zwei verschiedene beiderseits kehrende Verschlüsse eschlossen, und zwar werden zunächst zwei liegende inderschützen, Bauart Ardelt, Abb. 18, und ein Walzenieber, Bauart Freund, Abb. 19 und 20, eingebaut. Der te Verschluß soll erst beschafft werden, nachdem Verne mit diesen Verschlüssen im Betriebe gemacht sind. Durchflußquerschnitt beträgt für jeden der Verüsse rd. 3 m². Die Verschlüsse liegen in einem in der elmauer zwischen den Oberhäuptern ausgesparten ım, durch den die Kanäle im Beton mittels eiserner ıre hindurchgeführt werden.

Bei dem Ardeltschen Schieber sind die Zuführungsre an den Stellen, wo die Schieber liegen, so erweitert, ı ohne Verminderung des Drehflußquerschnittes ein torartiger Körper eingebaut werden konnte. Ein glockeniger Körper, der aus dem Torpedogehäuse heraustritt, ilt mit seinem Zylindermantel den Abschluß. Der Zyner wird mittels Gummi gegen Metall gedichtet. An der cıe des Abschlußzylinders, die mittels einer Stopfbüchse en das Innere des Torpedogehäuses abgedichtet ist, rıft ein Kniehebel an, der mittels Gestänge von der Animaschine betätigt wird. Die Antriebmaschine steht inem über der Schieberkammer liegenden Maschinenaıe; dort sind auch zwei Antriebe der Obertore und w Antriebmaschinen für die Zylinderschützen aufgestellt.

Beim Walzenschieber sind in einem Rohrstück zwei Vazen eingebaut, die um ihre Achse gedreht werden önen. Beide Walzen erhalten Aussparungen, die dert geformt sind, daß ihre Oberfläche einen Teil der olwandung des durchgehenden Rohrstranges bildet, soıl sie einander zugekehrt sind. Werden die Walzen n etwa 90° gedreht, so wird die Verbindungsleitung ıllständig abgeschlossen. Das Antriebgestänge ist ebenll hochgeführt, so daß die Antriebmaschinen im eien Raum liegen wie die der Ardeltschen Zylinderhizen.

ür jeden der vier Schieber in den Verbindungskanälen nd je zwei Notschieber vorgesehen, Abb. 18, die es erıgchen, jeden einzelnen Hauptschieber bei Ausbesserungen von den Umläufen abzusperren, während die anderen Schieber im Betriebe bleiben. Die Notschieber bestehen aus Ardeltschem hochwertigen Gußeisen.

Abb. 17
Schaubild für die Vorgänge beim Öffnen der Zylinderschütze.

Abb. 18
Doppeltkehrende, liegende Zylinderschütze, Bauart Ardelt.
a Abschlußzylinder *b* handbetätigte Notschieber

Abb. 19 und 20
Walzenschieber, Bauart Freund.

Im Raum der vier Ausgleichschieber ist auch die Pumpenanlage zum Trockenlegen der Schleuse untergebracht. Sie liegt nicht, wie sonst üblich, am Unterhaupt, da die Kammersohle nach dem Oberhaupt entsprechend dem Verlauf der Tonschicht, worauf das Bauwerk gegründet ist, abfällt und weil man ein Abgraben dieser Tonschicht vermeiden wollte.

Hubtore am Unterhaupt

Am Unterhaupt sind die Kammern bei einer lichten Durchfahrthöhe von 4,5 m über dem höchsten Hochwasser durch einen massiven Eisenbetonbalken überbrückt. Dadurch entsteht eine Durchfahrtöffnung für die Schiffahrt von 13,1 m Höhe und 12 m Breite, die durch Hubtore geschlossen wird.

Die Wahl von Hubtoren bedingte turmartige Aufbauten am Unterhaupt zur Aufnahme der Toraufhängungen. Die Türme stehen nicht frei, vielmehr ist einerseits auf der

Mittelmauer zwischen den beiden inneren Türmen ein Verbindungsbau hergestellt, der zur Aufnahme des zentralen Schaltraumes dient, s. Abb. 5; anderseits sind über jeder Kammer die Türme durch einen Überbau verbunden, in dem die Torantriebwellen, die Antriebe für die in den Tortafeln angebrachten Segmentschützen und ein Teil der Antriebe für die Seiltreidelanlage liegen. Durch diese Ausgestaltung der Aufbauten wird nicht nur eine gute übersichtliche Unterbringung und Zugänglichkeit der Antriebe und des Schaltraumes, sondern auch eine geschlossene architektonische Wirkung der massigen Aufbauten erreicht.

Da die vorgenannten Aufbauten zur Unterbringung der Maschinen, der Dienst- und Aufenthalträume usw. nicht ausreichten, ist anschließend auf der Mittelmauer nach der Oberwasserseite hin ein weiterer niedriger Aufbau errichtet, der im Erdgeschoß den noch erforderlichen Raum bietet, während das Dach als Plattform ausgebildet ist und als Kommandobrücke dient, von wo aus der diensttuende Schleusenbeamte den ganzen Schleusenbetrieb gut übersehen und leiten kann.

Die Hubtore sind als Riegeltore ausgebildet, Abb. 21 bis 25. Die Blechhaut liegt nach der Unterwasserseite zu, sie wird abgestützt durch die wagerechten Riegel und durch die zwischen ihnen liegenden senkrechten Eisen. Außerdem ist eine senkrechte Versteifung vorgesehen, bei deren Ausbildung berücksichtigt wurde, daß eine Überbeanspruchung der Eisenverbände infolge Anliegens des obersten und untersten Riegels am Anschlag vermieden wird. Am unteren Anschlag ist zu diesem Zweck Federblechdichtung vorgesehen. Im unteren Teile des Tores sind vier Segmentschützen eingebaut, Abb. 25, mit deren Hilfe der Schleusenbetrieb auch dann noch aufrecht erhalten werden kann, wenn die Entleerungskanäle aus irgendwelchen Gründen abgeschlossen werden müssen, auch besteht die Möglichkeit, die Segmentschützen neben den Umlaufkanälen zur Entleerung mit heranzuziehen.

Die Dichtung des Tores wird an allen vier Seiten durch Holzbalken erreicht, die sich gegen Anschlagrahmen aus

Abb. 21
Hubtor am Unterhaupt während des Zusammenbaues.

hochwertigem Gußeisen mit Dichtungsleisten aus Flußst[...] legen. An jeder Seite des Tores sind zwei Laufrollen [...] gebracht, die so abgefedert sind, daß sich das [...] bei einem Wasserüberdruck von 0,5 m bereits von den D[...]

a Welle für gegenseitige Antrieb
b Schneckentrieb
c Rädertrieb
d Verbindungswelle
e Spindel- und Schneck triebe
f Antriebsritzel
g Torverriegelung
h Spindelantrieb
i Hilfs-(Segment-)Schüt

Abb. 22 bis 25
Hubtore am Unterhaupt mit je vier Segmentschützen.

Abb. 26
Verteilbauwerk mit trompetenförmiger Erweiterung des Auslaufkanales. In der Mitte eiförmiger Körper, der gemeinsam mit Schwellen an der Sohle und den Seiten das Wasser verteilt.

ungsleisten abhebt. Man kann infolgedessen mit dem ınheben des Tores beginnen, bevor der Wasserstand völlig usgeglichen ist. Gegen Seitenverschiebungen sind die 'ore durch eine Stirnrolle auf jeder Seite gesichert. Jede 'ortafel wiegt rd. 130 t und ist an zwölf Seilen aufgehängt, iervon greifen je sechs an den beiden Stirnseiten des 'ores an. Von diesen sechs Seilen führen ier über lose Rollen zu einem Gegengeicht, das in einem Schacht der Seiten-:auer läuft. Die beiden mittleren Seile nd um die Antriebtrommel gewickelt ıd führen von dort zum Triebgewicht, ıs im gleichen Schacht wie das Auseichgewicht hängt.

Die Antriebe und Seilrollen sind in ın Aufbauten des Unterhauptes unterbracht, und zwar liegen die Seilrollen twa 10 m über der Schleusenplattform. Die iden zu einer Tortafel gehörigen Antebtrommeln sind nach Zwischenschaltng von Vorgelegen durch eine Welle rr verbunden, so daß ihr Gleichlauf sichert ist. An diese Verbindungslle ist der gemeinsame Antriebmotor ter ein Vorgelege angeschlossen. ırch eine im gegebenen Fall einzschaltende Hilfswelle ist die Möglichkit gegeben, das Tor der einen Kamır durch den Motor für das Tor der adern Kammer zu betätigen, so daß bei Asbesserungen an einem Motor beide Tre nacheinander durch den andern z heben sind. Der Antriebmotor leistet r 75 PS bei 750 U/min und 45 min Lıfzeit.

Am Unterhaupt ist nach der Kammer h kein Notverschluß vorgesehen. Der N abschluß gegen das Unterwasser best ıt aus einem dammbalkenartigen Verschluß, der der großen Spannweite u dem starken Wasserdruck entsprechend ausgebildet ist.

Umlaufkanäle im Unterhaupt

Oberhalb der Untertore zweigen aus le Kammer die kurzen Umläufe ab, die zı Entleerung der Schleusen dienen. Di Umläufe liegen in der Mittelmauer zwischen den Schleusen, an den Außenmauern sind keine Umläufe vorhanden. Für jede Kammer sind zwei Auslaufkanäle vorgesehen, die sich in kurzer Entfernung hinter den Verschlüssen zu einem Kanal vereinigen. Der so entstandene Doppelkanal ist von demjenigen der Nachbarschleuse zunächst durch eine Zunge aus Eisenbeton getrennt und vereinigt sich mit ihm noch vor der Ausmündung ins Unterwasser. Hierdurch wird erreicht, daß für jede Schleusenkammer der Auslauf in der Bauwerkachse liegt, so daß das ausströmende Wasser von der Mitte der ganzen Anlage aus in den unteren Vorhafen eintritt.

Um das Wasser in günstiger Weise über den Vorhafen zu verteilen, ist vor das Unterhaupt noch ein besonderes Verteilbauwerk gesetzt. In diesem erweitert sich der Auslaufkanal trompetenförmig, die Verteilung des Wassers wird durch den Einbau eines eiförmigen Körpers in der Mitte der Trompetenöffnung, sowie durch Schwellen an der Sohle und den beiden Seiten erreicht, Abb. 26. Nach Versuchen auf der Baustelle und in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau ist zu erwarten, daß günstige Ausströmverhältnisse unter Vermeidung von Störungen für die im unteren Vorhafen befindlichen Schiffe erreicht werden. Auch für die Erhaltung der Sohle am unteren Vorhafen wird sich die gleichmäßige Stromverteilung günstiger auswirken.

Abb. 27 bis 29
Rollkeilschütze für die Umläufe im Unterhaupt.

Abb. 30 bis 32
Einzelheiten des Rollkeilschützes mit Dichtung nach dem Oberwasser.

Abb. 33 und 34
Schaubild für die Vorgänge beim Öffnen der Rollkeilschütze.

Verschlüsse der Umläufe im Unterhaupt

Die vier Umlaufkanäle am Unterhaupt werden durch Rollkeilschützen von je rd. 7 m² Durchflußquerschnitt verschlossen, Abb. 27 bis 32. Die Blechhaut der Schützentafel liegt nach dem Oberwasser zu; dementsprechend ist auch die Dichtung im Schützenschacht nach dem Oberwasser zu angeordnet. Diese Blechhaut liegt auf zwei doppelten Querblechträgern auf und ist versteift durch fünf senkrechte Träger. Die beiden Querblechträger legen sich gegen die Stahlgußlager der durchgehenden Rollenachsen. Um ein Schlagen der Schützentafel zu vermeiden, sind gefederte Gegenrollen vorgesehen. Die Dichtung der Keilschütze erfolgt an den Seiten und an der Unterkante durch Stahlleisten, an der Oberkante durch einen Gummiwulst, der durch den Druck des Wassers gegen eine Metalleiste gepreßt wird.

Die Schütze ist an einer Gliederkette aufgehängt, die sich auf einer Kurvenscheibe ähnlich wie die der Zylinderschütze aufwickelt. Dadurch wird auch hier die Geschwindigkeit der Schützenbewegung stetig wachsend bis zur Höchstgeschwindigkeit gesteigert, wodurch günstige Ausströmverhältnisse geschaffen werden, Abb. 33 und 34. An den Kurvenscheiben wirken mittels weiterer Gliederketten Gegengewichte. Die Zusammenfassung der Umläufe in der Mittelmauer gestattet die Unterbringung der maschinellen Antriebe in einem gemeinsamen Raum, der in dem einstöckigen Vorbau unterhalb der Kommandobrücke liegt. Das Gewicht einer Schütze beträgt rd. 5 t und der Antriebmotor leistet 15 PS bei 790 U/min. Als Notverschlüsse für die Umlaufkanäle dienen beiderseits der Rollkeilschützen einfache Tafeln, die von der Plattform aus eingesetzt werden.

In einem der nächsten Hefte erscheint ein zweiter Aufsatz, der die Hauptsteueranlage, die Betriebseinrichtungen in der Schleuse und an den Einfahrten sowie die Seiltreidelanlage behandelt und den Bauvorgang beschreibt. [B 1310]

Die Grundsteinlegung zum Studienbau des Deutschen Museums

Am 4. September wurde in München der Grundstein zum Studienbau des Deutschen Museums gelegt, in dessen Geschichte mit diesem Ereignis ein neuer wesentlicher Abschnitt beginnt. Der Plan des Studienbaues ist hervorgegangen aus der Erkenntnis, daß die Anschauung allein kaum ausreicht, den technischen Fortschritt zu fördern. Das Deutsche Museum soll in Zukunft nicht darauf beschränkt bleiben, nur die fertigen Ergebnisse der Ingenieurarbeit aufzuweisen, deren Kenntnis der vorhandene Sammlungsbau vermittelt, sondern es soll auch die Möglichkeit zu vertieftem Studium und eigener Geistesbetätigung bieten. Zu diesem Zweck wird der neue Studienbau eine umfassende, allen Volksschichten zugängliche technisch-wissenschaftliche Bücherei, eine in ihrer Art einzige Plansammlung und mehrere Vortragsäle erhalten.

Die Grundsteinlegung gestaltete sich infolge der Anwesenheit des Reichspräsidenten v. Hindenburg, der Spitzen des Reiches und der Länder, sowie der führenden Persönlichkeiten der Technik und Wirtschaft, des Handels und der Industrie zu einer besonders eindrucksvollen Feier. Nach dem von der Stadt München am 3. September gegebenen Begrüßungsabend leitete am nächsten Tag ein Festzug die Veranstaltungen ein, in deren Mittelpunkt die Grundsteinlegung selbst stand. Karl Friedrich v. Siemens und Reichsminister Severing würdigten in ihren Festreden die Bedeutung des neuen Werkes als eines Wegweisers zu schöpferischer Tat. Der bayerische Kultusminister Goldenberger machte Mitteilung von der Verleihung des Museumsringes an 37 Personen, u. a. an den Reichspräsidenten. Dieser eröffnete im Anschluß an die Reden die Reihe der Hammerschläge, die Oskar v. Miller beschloß. Am Mittag fand im Bankettsaal des Maximilianeums ein großes Festessen statt, zu dem etwa 800 Gäste geladen waren und in dessen Verlauf Reichspräsident v. Hindenburg, Ministerpräsident Dr. Heldt und Reichsbankpräsident Dr. Schacht Ansprachen hielten. Den Ausklang des Tages bildete eine Aufführung von Max Halbes Festspiel „Meister Jörg Michel und seine Gesellen" im Prinzregententheater. Der ausführliche Bericht über die Grundsteinlegung ist in Nr. 37 der VDI-Nachrichten veröffentlicht. [N 2026] Lg.

Dynamik und Schwingungen des Eisenbahnoberbaues

Von Dr.-Ing. Saller, Direktor bei der Reichsbahn, Regensburg

Vorgetragen auf der Schwingungstagung des Vereines deutscher Ingenieure in Darmstadt vom 28. bis 30. März 1928

Dynamische Berechnung des Eisenbahnoberbaues eine dringende Forderung trotz großer Erschwernisse. — Die im Eisenbahnoberbau auftretenden Schwingungen und ihre Erforschung durch Meßgeräte. — Meßverfahren und Forderungen an die Meßgeräte. — Versuche und Versuchsergebnisse mit Lastenzügen.

Auf allen möglichen Gebieten, im Brückenbau, Maschinenbau usw., ist man gegenwärtig bemüht, die bisher allzu einseitige Betonung der Statik zu erlassen und überall da, wo es sich um Beanspruchungen nter bewegten Lasten handelt, den überaus wichtigen esichtspunkten der Dynamik Eingang zu verschaffen. lit dieser Einführung der Dynamik werden Aufgaben ufgegriffen, die ungemeine Erschwernisse aufweisen und eren Bearbeitung fast durchweg zu schwierigen und chwierigsten Formeln und Rechnungen führt. Auf rein issenschaftlichem Wege vorwärts zu kommen, ist hier o gut wie aussichtslos. Man ist zunächst vor allem auf eobachtungen angewiesen. Die Bedeutung der Aufgabe t wirtschaftlich über jeden Zweifel erhaben.

Beim Eisenbahnoberbau, wo man es ausgesprochen it bewegten Lasten zu tun hat, spielen die dynamischen eanspruchungen eine so hervorstechende Rolle, daß sich ırch deren Berücksichtigung außerordentliche geldliche rsparnisse erzielen lassen würden. Denn mehr als eine illion Kilometer betragen heute die Schienenwege er Erde.

Die Formänderungen am Oberbau

ind unter den bewegten Verkehrslasten sehr vielartig. ie setzen sich nicht nur aus Senkungen nach unten, aus eiten- und Längsverschiebungen, sondern auch aus Heıngen in Form einer der Last voraus- oder nacheilenden elle zusammen, Abb. 1. Der Oberbau wird also nach en erdenklichen Seiten gerüttelt und geschüttelt. Das inze Oberbaugebilde verhält sich unter diesen Umınden nicht als ein elastisches Ganzes, bei dem alle astischen Formänderungen an einem Teil durch astische Formänderungen an den andern immer eich wieder so ausgeglichen werden, daß Trennungen dr Einzelteile voneinander völlig ausgeschlossen wären. Slche Trennungen sind aber vom dynamischen Standpnkte deshalb so besonders schädlich, weil damit den Frmänderungen ein Anlauf und eine Wucht verschafft wird, die außerordentlich ungünstig wirkt, viel ungünstiger als bei einer gleich großen, ruhenden Last. Zmal die Bettung ist nur ein geschütteter, nicht geschlossener, festgefügter Körper, der vor allem keinen Zg und auch Druck nur bis zu einem gewissen Grade estisch aufnimmt. Insbesondere Gleishebungen, die im Briebe zweifellos und unvermeidlich auftreten, geben zı Trennungen im Oberbaugefüge Veranlassung.

Es entsteht nun die wichtige Frage, wohin praktisch dise Trennung am besten gelegt wird, in die Verbindıng zwischen Schiene und Schwelle, wo man, allerdings in sehr unzureichendem Maße, mit elastischen Mitteln wı Holzplättchenzwischenlagen, Federungen, Spannplten u. a. nachhelfen kann, oder zwischen Schwelle ul Bettung. Man neigt im allgemeinen immer mehr du, lieber die letztere Trennung zuzulassen als die erere, weil die absolute Größe der Trennungen bei dem Gwicht der gesamten beteiligten Masse hier kleiner

Abb. 2 und 3
Holzschwelle und Eisenschwelle.

Abb. 1
Bewegung der Schiene unter der Verkehrslast.

ausfallen muß, als wenn man allein die Schienen sich abheben und trennen läßt. Man geht also auf Grund von Erfahrung und Beobachtung darauf aus, eine möglichst innige, nicht lösbare Verbindung zwischen Schiene und Schwelle durchzuführen und beide zusammen als Einheit auf die elastische Bettung wirken zu lassen. Ob nach der Seite der unverschieblichen Festlegung der Schiene auf der Schwelle nicht die technisch ja schon recht weit fortgeschrittene Schweißung noch manche Entwicklungen bringen wird, bleibt abzuwarten.

Holz- oder Eisenschwelle

Die Frage der Holz- und Eisenschwelle, Abb. 2 und 3, im Eisenbahnoberbau ist in nicht geringem Umfange vom Standpunkt der Dynamik zu beurteilen. Daß der Praktiker im allgemeinen der Holzschwelle den Vorzug gibt, ist darauf zurückzuführen, daß die Holzquerschwelle auf Grund ihrer voll rechteckigen Form mit ihrer ganzen Masse den Stoßdrücken der Verkehrslasten entgegenwirkt und auch die auf den Oberbau ausgeübten Stöße elastischer aufnimmt. Ein wissenschaftlicher Vergleich der Verbrauchszahlen, die für die Baustoffausnutzung einer Querschnittsform zur Verarbeitung von Stoßdrücken bei gleichen Baustoffgewichten maßgebend sind, zeigt, daß der beim Holz natürliche, rechteckige Querschnitt günstiger ist als der Trogformquerschnitt, der für Eisenschwellen üblich geworden ist und auch infolge sonstiger Anforderungen an den Querschnitt der Eisenschwellen sich entwickelt hat. Die Holzschwelle hat auch eine nicht zu unterschätzende, elastische Zusammendrückbarkeit des Stoffes und ist somit nicht nur der Form, sondern auch dem Stoff nach den gebräuchlichen Eisenquerschwellen überlegen.

So gut die Holzschwelle freilich als Ganzes betrachtet den dynamischen Wirkungen des Verkehrs widersteht, so wenig ist sie anderseits bei ihrem geringen Eindringungswiderstand geeignet, starke, zumal senkrecht zur Faserrichtung auftretende Stoßbeanspruchungen an den Schienenauflagern unmittelbar aufzunehmen, ohne örtlich bleibende Formänderungen, d. h. Zerstörungen zu erleiden. Sie bedarf hier in gleichmäßiger Anordnung zur Stoßlinie eines besonderen, stoßverarbeitenden, stoßverteilenden Schutzes durch Zwischenstücke, Unterlagplatten u. ä.

Der ruhende und der schwebende Stoß, Abb. 4 bis 8

Die Dynamik lehrt, daß Stoßwirkungen von einem Bauwerk ohne bleibende Schädigungen nur dann dauernd ertragen werden können, wenn das Bauwerk den Stoß mit genügender Elastizität aufnimmt und die äußere Stoßarbeit immer wieder in innere, elastische Formänderungsarbeit umsetzt. Sie lehrt auch, daß für die Verarbeitung der Stöße in erster Linie die dem Stoßpunkt zunächst gelegenen Körpermassen zur Geltung kommen und die entfernteren weniger. Es genügt also nicht, daß der Oberbau ganz allgemein auf elastischer Bettung liegt. Wenn dieses elastische Organ zu weit von der Stoßstelle entfernt ist und am Stoßpunkt selbst nicht genügende Elastizität vorhanden ist, können gleichwohl Verhämmerungen eintreten. Die bekannte Frage des ruhenden, Abb. 4, also unmittelbar unterstützten, und

RZ 1601 Z 4

Abb. 4
Ruhender oder fester Stoß.

RZ 1601 Z 7

Abb. 7
Schwebender Stoß.

Ablaufschiene

Anlaufschiene

RZ 1601 Z 5 u 6

Abb. 5 und 6
Einwirkung der Verkehrslast auf den festen Stoß.

Fahrrichtung

Ablaufschiene Anlaufschiene

h α A P_2 P P_1

RZ 1601 Z 8

Abb. 8
Einwirkung der Verkehrslast auf den Schienenstoß.

des schwebenden Stoßes, Abb. 7, ist unbedingt dynamisch zu beurteilen. Die Erfahrung hat sich weitaus überwiegend für den schwebenden Stoß ausgesprochen, der an Stelle einer Stoßschwelle deren zwei anwendet und beide von der Stoßfuge soweit entfernt, daß kleine überhängende Kragarme entstehen, die sich unter der Verkehrslast durchbiegen können, ohne auf einen amboßartigen Widerstand zu treffen, wie dies beim ruhenden Stoß der Fall ist, Abb. 5 und 6.

Aber auch beim schwebenden Stoß sind bei der Unzulänglichkeit der bisher erfundenen Stoßverbindungen Knicke in der Fahrbahn unvermeidlich, Abb. 8. Anlauf- und Ablaufschiene bilden in der Knickung einen kleinen Winkel α. Das Rad sinkt auf der abfallenden Rampe der Ablaufschiene in diesen Knick ein und trifft in Punkt A in einem kleinen Abstand von der Stoßfuge die ansteigende Rampe der Anlaufschiene mit der Stoßkraft P. Diese zerlegt sich in eine lotrechte Teilkraft P_1, die sich teils in elastische, nach Vorübergang der Last wieder verschwindende, teils in bleibende Formänderung umsetzt. Die letztere äußert sich am Schienenkopf mit der Zeit in einer merklichen Abplattung. Das Verhältnis zwischen dieser elastischen und der bleibenden Formänderung ist von dem Grade der elastischen Lagerung der Schienen abhängig. Daher der Vorteil des schwebenden Stoßes, zu dem man trotz aller natürlichen Vorliebe für den festen Stoß immer wieder zurückkehrt, und daher auch die Verhämmerung des festen Stoßes. Die wagrechte Teilkraft P_2 wirkt auf die bekannte Wandererscheinung hin.

Da sonach die Schienenstöße allgemein die Neigung haben, sich einzufahren und tiefer zu liegen als die Schienenmitten, so bilden sich Wölbungen der ganzen Schiene. So lange man noch kurze Schienen hatte, waren diese Wölbungen so auffällig, daß man dafür die besondere Bezeichnung „Schweinsrücken" prägte. Bei langen Schienen tritt dies weniger zu Tage. Im allgemeinen sind diese langgestreckten Verformungen der Schiene nicht unbedenklich, und zwar deshalb, weil dabei die verhältnismäßig langsamen Schwingungen des über den Federn gelegenen Wagenkastens je nach Zuggeschwindigkeit zeitlich in Einklang kommen können mit dem Einsinken der Räder in diese Verformungen der Fahrbahn. Es kann dadurch Schwingungshäufung und damit verstärkte Beanspruchung sowohl des Oberbaues wie der Fahrzeuge herbeigeführt werden.

Die Oberbaufrage zum Teil eine Fahrzeugfrage

Die gegenwärtige Berechnung des Oberbaues ist zunächst auf ruhende Lasten eingestellt. Tatsächlich hat man es aber gerade beim Oberbau mit dynamischen Angriffen zu tun und es bestünde also aller Anlaß, dynamische Berechnungen anzustellen. Es hat sich aber bis jetzt überall herausgestellt, daß sich selbst für die einfachsten Belastungsfälle die verwickeltsten und meist nur Näherungen zugänglichen Berechnungen und Formeln ergeben. Dazu kommt, daß durch die Bewegung der Lasten und des Oberbaues selbst und durch die Bauart der Fahrzeuge die Größe der Lasten und der von ihnen hervorgerufenen Stoßdrücke außerordentlich beeinflußt wird. Die Lösung der Oberbaufrage ist zum nicht geringen Teil eine Fahrzeugfrage. Der Teil der Fahrzeuge, der namentlich auf Zerstörung und Abnutzung des Oberbaues einwirkt, ist der unterhalb der Federung liegende. Er muß also möglichst klein gehalten werden.

Aber auch die Anordnung der abgefederten Gewichte ist für den Oberbau nicht gleichgültig. Hohe Schwerpunktlage bei Lokomotiven, also möglichste Entfernung der Massen von der Schiene, möglichster Ausgleich der Einflüsse der bewegten Teile und deren Schwingungen ist für die Erhaltung des Oberbaus von Bedeutung. Die an den Triebrädern der Dampflokomotiven des Ausgleichs halber angebrachten Schwungmassen bewirken regelmäßige, in merkbaren Grenzen schwankende Veränderungen der Raddrücke, die der Oberbauberechnung zugrunde zu legen sind.

Unrunde Bremsräder, wie sie im Betriebe sicher in großem Umfange vorkommen, wenn sie sich auch nur in äußersten Fällen, dann aber manchmal geradezu in Massenzerstörungen am Gleis bemerkbar zu machen pflegen, können zu dynamischen Beanspruchungen des Gleises führen, die sich überhaupt kaum rechnerisch erfassen lassen. Im allgemeinen ist der Unterhaltungszustand der Fahrzeuge in europäischen Verhältnissen, zumal in schnellfahrenden Zügen, jetzt wohl im allgemeinen so gut, daß hier besonders auffällige Mißstände nicht zu beobachten sind. Die Einführung durchgehender Güterwagenbremsung ist geeignet, auf den Zustand der Bremsräder einen günstigen Einfluß auszuüben. Doch sind auch bei uns schon Fälle bekannt geworden, wo eine Flachstelle an einem Wagenreifen in einer Fahrt 80 Schienenbrüche und mehr hervorgerufen hat. Aus Amerika werden in einem Falle eines Rades mit

ısgeschlagenen Reifen eines Schnellzuges in Ohio sogar 60 Schienenbrüche auf 322 km Fahrt gemeldet.

Wenn also im allgemeinen den unrunden Bremsrädern ie äußersten Zerstörungen am Oberbau zuzuschreiben ind, so muß doch auch den dynamischen Beanspruchun- en durch die verschiedenen Lauf- und Triebachsen, seit- ich bewegten Achsen der Lokomotiven, Überhänge, chlingererscheinungen auf der Fahrt u. a. künftig mehr ufmerksamkeit als bisher zugewendet werden. Dies ird sehr von der Schaffung geeigneter Meßgeräte zur eobachtung dynamischer Beanspruchungen abhängen.

Neue Versuche über das Verhalten des Oberbaues

Seit Jahren kehrt in Abhandlungen, die sich mit der erechnung des Eisenbahnoberbaues beschäftigen, die lage wieder, daß die Forschung zu wenig Gelegenheit at, sich auf tatsächliche, wissenschaftliche Beobachtun- en am Oberbau zu stützen. Das gleiche beklagen auch e ausführenden Stellen, die auf manche Erscheinungen n Oberbau aufmerksam werden, zu deren genauer Er- rschung ihnen Mittel und Zeit fehlen. Seit den grund- genden Versuchen von Wasiutyński und Ast sind ößere Beobachtungsversuche nicht mehr bekanntgewor- n, wenn auch einzelne, in der Ausübung stehende Fach- ıte, wie Bräuning, ganz Ersprießliches und Dan- nswertes leisteten, soweit dies mit den verfügbaren, ein- chen Mitteln möglich war.

In den letzten Jahren hat der Oberbau-Aus- chuß des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen obachtungen am Oberbau in aller Stille durch einen nterausschuß wieder aufnehmen lassen. Was für die hnische Beurteilung des Oberbaues maßgebend ist, sind in seinen verschiedenen Teilen auftretenden Span- ngen. Da die Größen der dynamischen Beanspruchun- n beim heutigen Stand unserer Erkenntnis etwas nicht fernt genau Greifbares sind, so müssen sich die be- hneten Spannungen der Sicherheit wegen von der uchgrenze um ein sehr bedeutendes Maß fernhalten. In ser Unsicherheit und in der aus ihr hervorgehenden stoffverschwendung liegt eine Unwirtschaftlichkeit, nach Möglichkeit einzuschränken eine dringende Auf- e der Neuzeit sein sollte.

Die Meßverfahren

Das nach heutigen Begriffen fast übertrieben genaue ßverfahren Wasiutyńskis, das sich bis auf 7,7 m in die Erde eingegrabener Grundmauern bediente, zeichnete nur die Senkung einzelner Oberbaupunkte auf, während die Spannungen selbst aus diesen Senkungen mit imerhin unsicheren Annahmen erst berechnet werden ußten. Wir haben aber jetzt brauchbare Meßwerkzeuge, die Spannungen unmittelbar zu messen und in Schau- ildern festzulegen gestatten, und zwar, was bei den k auftretenden, wellenförmigen Bewegungen im Ober- a für die Nutzanwendung von großem Gewicht ist, auf geringe Meßlängen und mit genügender Ver- rößerung. Man muß bei der Art der Formänderung der ciene unter den Verkehrslasten mit großem, örtlichem Wechsel der Spannungen rechnen und daher auf eine öglichst geringe Meßlänge Wert legen.

Insbesondere hat im letzten Jahrzehnt ein ganz kleiner, fast in Taschenbuchgröße ausgebildeter Span- ungsmesser des Holländers Okhuizen, Abb. 9, e wachsende Beliebtheit erworben und hat, soweit sich Gelegenheit bot, vor allem im Brückenbau, vereinzelt ch im Oberbauwesen, Anwendung gefunden[1]). Das Ok- uizen-Meßgerät arbeitet in seiner üblichen Form mit einer Meßlänge von 60 mm und mit etwa 412facher Ver- größerung. Es hat weiter den Vorteil, daß es seine Er- gebnisse selbst aufzeichnet, und zwar in seiner ursprüng- lichen Form mit einer sehr feinen Neusilberspitze auf In- dikatorpapier, wobei ein sehr geringer Druck genügt, um noch ablesbare Ergebnisse zu bekommen. Aus prak- tischen Gründen verwendet man bei den bei der Reichs- bahn gebräuchlichen Okhuizen-Vorrichtungen allgemein zur Aufzeichnung statt der Neusilberspitze eine lose geklückte Bleistiftspitze. Die damit verbundene größere

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 100; Forschungsarb. d. V. d. I. Heft 262.

RZ 160129

Abb. 9
Okhuizen-Spannungsmesser.

Reibung bei der Aufschreibung muß in den Kauf genommen werden. Der Papierstreifen bewegt sich ferner nicht selbsttätig, sondern wird mit der Hand gezogen. Damit ist natürlich bei bewegten Lasten Ungleichmäßigkeiten und Ungenauigkeiten die Türe geöffnet. Soweit es sich nur um große Gesichtspunkte handelt, ist dieser Nachteil oft ohne Einfluß auf das Ergebnis. Wenn die Geschwindigkeit der Lastbewegung und die Abstände der Lastpunkte bekannt sind, die einzelnen Achsdrücke der Verkehrsbelastung sich auf dem Schaubild deutlich herausheben und von der Möglichkeit des Voreilens der Last abgesehen wird, kommt bei geringen Geschwindigkeiten die Unregelmäßigkeit an sich nur beschränkt zur Geltung. Man könnte das Ziehen mit der Hand ja wohl durch ein Uhrwerk ersetzen, allein damit würde zweifellos das Meßgerät den hervorstechenden Vorteil seiner Einfachheit einbüßen.

Anforderungen an die Meßgeräte

Die eingangs erwähnten Beobachtungen des Ausschusses bedienten sich ausschließlich dieser Okhuizen-Meßgeräte. Sie bezogen sich auf verschiedene Verkehrsgeschwindigkeiten bis hinauf zu etwa 90 km/h. Auf Beobachtungen bei diesen großen Geschwindigkeiten war besonderes Gewicht zu legen, da ja nach üblicher Auffassung die Einwirkungen der Verkehrslasten auf den Eisenbahnoberbau mit der Geschwindigkeit wachsen. Aber gerade hier ergaben sich die größten Zweifel, ob das Okhuizen-Meßgerät die Spannungsschwankungen im Oberbau richtig aufzeichnet. Man hat inzwischen zu erkennen gelernt, daß für Beobachtungen unter bewegten Lasten besondere, dynamisch eingestellte Meßwerkzeuge erforderlich sind, an deren Eigenschwingungszahl bestimmte, z. B. im Erdbebenbeobachtungswesen längst bekannte Anforderungen zu stellen sind. Die Möglichkeit, einen dynamischen Ausschlag an einem beobachteten Gegenstand (Brücke, Oberbau usw.) durch ein Meßgerät richtig aufgezeichnet zu bekommen, ist nach Abb. 10 zu beurteilen. Aus ihm geht hervor, daß die Eigenschwingungzahl des Meßgerätes und ihr Verhältnis zu der beobachteten Schwingungszahl eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Die ausgezogene Schaulinie stellt die theoretische, die gestrichelte die durch die Dämpfung gemilderte, wirkliche Aufzeichnung durch das Meßgerät vor. Wenn AB der wirkliche vom Meßgerät aufzuzeichnende Ausschlag

Abb. 10
Wiedergabe des dynamischen Ausschlages eines Trägers durch das Meßgerät.

ist, so entnehmen wir dem Schaubild, daß nur in der Zone I dieser Ausschlag richtig oder wenigstens mit praktisch genügender Annäherung wiedergegeben wird. In der Zone II wird der Ausschlag völlig entstellt und in der Zone III überhaupt nicht wiedergegeben. Man rechnet, wenn man in der Anwendung etwa 5 vH Ungenauigkeiten zuläßt, daß die Zone I etwa ein Viertel des ganzen Abstandes AC, d. i. der Eigenschwingungszahl des Meßgerätes, einnimmt. Nur in dieser kleinen Zone sind die Aufschreibungen richtig oder wenigstens annähernd richtig. Diese Zone steht in einem bestimmten Teilverhältnis zur Eigenschwingungszahl des Meßgeräts.

Damit tritt ein neuer, bei unseren bisherigen statischen Messungen völlig unbekannter Gesichtspunkt in die Meßgerättechnik ein: man muß die Eigenschwingungszahl des Meßgerätes und den Bereich der zu beobachtenden Schwingungen kennen. Man muß sich bei dynamischen Messungen recht eingehend davon überzeugen, innerhalb welcher Schwingungszahlen das Gerät richtig arbeitet. Vor Beginn der Messungen müßte immer die Schwingungshäufigkeit des zu beobachtenden Gegenstandes, z. B. der Schiene, und zwar unter Umständen in der senkrechten wie in der wagerechten Ebene, und gleichzeitig die des Meßgeräts im angeschraubten Zustande bestimmt werden, sofern man nicht von vornherein versichert sein kann, daß sich die Messung im zulässigen Bereich bewegt.

Bei der Auswertung der Schaubilder ist stets auf die beobachtete Schwingungszahl, die mit einigermaßen genügender Genauigkeit an den mit Zeitbezeichnung versehenen Schaubildern abgeschätzt werden können muß, und auf deren Verhältnis zur Zahl der

Abb. 11 **Abb. 12** Bremsriffeln.

Abb. 11 und 12
Riffeln auf Eisenbahnschienen.

Eigenschwingungen des Meßgerätes Rücksicht zu nehmen. Wo die Schwingungszahl nicht innerhalb des Viertels de Eigenschwingungszahl zu liegen kommt, müssen di Werte mit einem Faktor verbessert oder überhaupt al unsicher bezeichnet werden. Hat man schon bei Brücke mit außerordentlich hohen Schwingungszahlen unter de Verkehr zu tun, so scheint dies beim Oberbau nach bi herigen Beobachtungen, mit der Geschwindigkeit de Verkehrslasten stark zunehmend, noch vielmehr der Fa zu sein. Man hat hier, wie man durch Beobachtung fes stellte, mit Schwingungen zu rechnen, die bei großen Ge schwindigkeiten 10 000 in der Minute weit überschreite können. Sie sollen nahe an 20 000 in der Minute hera kommen.

Es scheint mir aber noch einen Weg zu geben, au dem diese Schwingungszahl am Eisenbahnoberbau einige maßen zuverlässig geschätzt werden kann, und das sin die

Riffelerscheinungen.

Die Riffeln sind eine altbekannte Erscheinung i Straßenbahnoberbau, sie treten aber immer mehr auch a Eisenbahnoberbau auf, Abb. 11 und 12, was wohl m dessen fortschreitender Verstärkung zusammenhängt. Di Abstände der Erhöhungen sind regelmäßig und wechsel von Fall zu Fall an den Eisenbahnschienen etwa zwische 3,5 und 6,5 cm. Die Riffeln sind noch lange nicht siche erklärt. Doch das eine scheint festzustehen, daß die Riffe erscheinungen mit den Schwingungen des Oberbaue irgendwie zusammenhängen. Damit ergibt sich die Mö lichkeit, angenäherte Berechnungen anzustellen. Bei eine mittleren Zuggeschwindigkeit von 54 km/h und eine Riffelentfernung von 4,5 cm berechnen sich etwa gena 20 000 Schwingungen in der Minute. Der Wert dürft seiner Höhe nach also ungefähr stimmen. Man müß danach für Messungen am Oberbau Meßgeräte vorau setzen, deren Eigenschwingungszahl etwa das Vierfacl dieser Schwingungszahl beträgt, d. i. also etwa 80 000.

Versuche des Zentralamtes in Berlin u. a. haben fi den vorgenannten Okhuizen eine Eigenschwingungszal von etwa 1750 in der Minute festgestellt. Es würde al Brauchbarkeit des Gerätes für Schwingungen nur bis z 450 in der Minute gegeben sein. Daraus würde weiter d Unbrauchbarkeit des Okhuizen-Meßgerätes für dynamisch Messungen am Oberbau bei einigermaßen großen Ve kehrsgeschwindigkeiten folgen, unbeschadet der große Bedeutung, die diesem kleinen Meßgerät nach wie v für statische Messungen zukommt.

Eigenschaften der Oberbauschwingungen

Nun darf man sich die dynamischen Schwingung am Oberbau nicht etwa als einen einfachen, einheitliche Vorgang vorstellen. Diese Schwingungen setzen si vielmehr zusammen aus gegenseitiger Überlagerun einer ganzen Reihe von Schwingungen verschieden Häufigkeit, unter denen die statischen Ausschläge m der Schwingungszahl null von vornherein eine hervo stechende Rolle spielen. Den letzteren können sich ab Schwingungen höheren Grades, Grund- und Oberschwi gungen, noch überlagern, und diese können ihrer Grö nach, besonders bei großen Zuggeschwindigkeiten, sowe ausschlaggebend sein, daß sie das Bild der statischen Au schläge wesentlich verändern oder gar bis zur Unkenn lichkeit entstellen.

Wenn bei Vorhandensein von Schwingungen groß Häufigkeit mit einem ungeeigneten Meßgerät zu gering Eigenschwingungszahl gearbeitet wird, so greift ma nicht nur in die falsche Zone II, s. Abb. 10, sonder auch in die Zone III des „Schweigens" ein, die etwa vo doppelten der Eigenschwingungszahl des Meßgerätes b ginnt. Hier gibt das Meßgerät überhaupt die Schwingu gen nicht mehr an, weil die Masse des Meßgerätes d Bewegung des zu untersuchenden Körpers nicht me mitmacht.

Auf diese theoretische Seite der Sache erstmals au klärend hingewiesen zu haben und in diesem Sinne ein erstmaligen Versuch zu einem mechanisch aufzeichne den Meßgerät gemacht zu haben, das, von wissenscha lich richtigen Grundlagen ausgehend, die vorerwähnte

Abb. 13
Geigersches Meßgerät bei einer Spannungsmessung an einer Brücke.

Abb. 14
Schreibhebel des Geigerschen Meßgerätes; dieser drückt mit seiner Spitze auf eine Briefwaage und hält ohne Durchbiegung eine Belastung von 240 g aus.

Schwingungsbedingungen zu erfüllen sucht, ist das Verdienst von Dr. Geiger, Abb. 13 und 14. Genauere wissenschaftliche Untersuchungen an diesem Gerät, die anläßlich eines Preisausschreibens für Spannungs- und Schwingungsmesser durch die Reichsbahn angestellt wurden, haben leider Mängel festgestellt. Die allgemeine Anordnung des bei diesem Wettbewerb vorgeführten Geiger-Spannungsmessers zeigen Abb. 14 a und 14 b. Es ist die neueste, vielleicht wieder Änderungen unterliegende Form[2]). Es ist überhaupt fraglich, ob bei den unvermeidlichen Massenträgheitswirkungen auf mechanischem Wege das Ziel zu erreichen sein wird. Für die größere Hoffnung, die man infolgedessen jetzt auf optische Vorrichtungen setzt, fehlt leider vorderhand noch verläßliche Begründung.

Vergleichsversuche

Da, wie gesagt, große Zweifel bestanden, ob das Okhuizen-Meßgerät insbesondere bei großen Zuggeschwindigkeiten die Formänderungen am Oberbau richtig aufzeichnet, so entschloß man sich im Oberbauausschuß zu Vergleichsbeobachtungen unter Verwendung des Okhuizen- und des Dr. Geigerschen Spannungsmessers. Die Versuche wurden teils bei Bobingen in der Nähe von Augsburg, teils bei Freising vorgenommen, und zwar derart, daß an der einen Schiene eines Gleises das Okhuizensche und an der andern im gleichen Schwellenfach das Geigersche Meßgerät am Schienenfuß, also einseitig, immer nach außen, angebracht wurde. Beide Meßgeräte maßen gleichmäßig die Spannung im Schienenfuß etwa mm über Schienenunterkante. Die Versuche wurden bei Bobingen mit Dampflokomotive, bei Freising mit elektrischer Lokomotive, diese bei hohen Geschwindigkeiten gefolgt von einer Reihe von Wagen, befahren. Der aus einer elektrischen Lokomotive, einem Pack-, einem Salon- und einem Heizwagen bestehende Versuchszug ist aus Abb. 15 ersichtlich. Bei den geringeren Geschwindigkeiten war nur die elektrische Lokomotive ohne Anhang verwendet. Es ergaben sich sonach annähernde Vergleichsmöglichkeiten. Von der großen Zahl der erhaltenen Schaubilder sollen hier einige bezeichnende, und zwar aus den zeitlich letzten Versuchen bei Freising entnommen, wiedergegeben werden, Abb. 16 und 17. Sie geben, auf gleiche Länge und gleichen Spannungsmaßstab umgezeichnet, solche Vergleichsbilder bei einer Geschwindigkeit von 22 und 48,5 km/h.

Dem Umstand, daß der Streifen des Okhuizen nur mit der Hand gezogen wird, daß also die Okhuizen-Schaubilder keinerlei Schluß auf die Längenmaße zulassen,

[2]) Vergl. Untersuchung von Spannungs- und Schwingungsmessern f. Brücken. Herausgeg. von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Berlin 1928.

Abb. 14 a und 14 b
Spannungsmesser von Dr. Geiger, Augsburg, beim Wettbewerb der Reichsbahn.
Die Spannung wird durch Messung der Längenänderung zwischen den Spitzen a_1 und a_2 gemessen.

b Druckstange d_1, d_2, d_3 Hebelsystem d_4 Drehpunkt
e Gehäuse g_1, g_2 Befestigungsschraubzwingen

Abb. 15
Lastenzug bei den Messungen.

Abb. 16

Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger (*a*) und Okhuizen (*b*), umgezeichnet auf die gleiche Länge und den gleichen Spannungsmaßstab.

Zugzusammensetzung: elektr. Lokomotive allein
Zuggeschwindigkeit: 22 km/h
Fahrrichtung: von Freising nach München.

a Papiergeschwindigkeit 0,95 m/min; Meßlänge 197 mm; *ν* Schwingungen in 1 min
b Meßlänge 60 mm

wurde annähernd Rechnung zu tragen gesucht, derart, daß die in der Zeitfolge äußersten Lasten, so wie sie sich in den Okhuizen-Schaubildern mit Annäherung annehmen lassen, genau unter den betreffenden, durch Zeitmarkierung festgelegten Lastpunkten des Geigerschen Schaubildes eingetragen wurden. Man erkennt, daß sich die Bilderpaare bei diesen geringeren und mittleren Geschwindigkeiten in großen Zügen noch ziemlich gleichen. Die Okhuizen-Bilder haben glatte Linien, während die Geigerschen mit der Geschwindigkeit zunehmend hier schon durchlaufend die Überlagerung von Oberschwingungen erkennen lassen, die die Höchstspannungen schon merklich beeinflussen. In Abb. 16 ist bei der Geigerschen Vorrichtung eine zu geringe Papierstreifengeschwindigkeit angewendet worden, weshalb die Schwingungsaufzeichnung ineinanderfloß.

Bemerkenswert ist noch das Ergebnis bei 90 km/h Fahrgeschwindigkeit, Abb. 18. Die beiden Schaubilder, Okhuizen und Geiger, sind hier von Grund aus verschieden und überhaupt nicht mehr zu vergleichen. Während Okhuizen nach wie vor in glatten Linien zeichnet und die einzelnen Lasten noch deutlich erkennen läßt, ergibt sich bei Geiger ein Gewirr von Überlagerungen und Oberschwingungen, die die einzelnen Lastpunkte unkenntlich machen würden, wenn nicht beim richtigen Arbeiten der dem Geigerschen Gerät eigenen Zeitbezeichnung das Bestimmen der Lastpunkte annähernd ermöglicht würde. An dem Geigerschen Schaubild kann die zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Aufzeichnung und der Ursachen der dynamischen Erscheinungen maßgebende minutliche Schwingungszahl festgestellt werden. Ein Vergleich der beiden Schaubilder nach Okhuizen und Geiger gibt vor allem eine Ahnung von dem, was das dynamisch nicht eingestellte Okhuizen-Meßgerät alles verschweigt. Es scheint wenig mehr als die statischen Spannungen wiederzugeben und auf die Schwingungen wenig oder gar nicht anzusprechen. Es ist aber ferner im Gegensatz zu dem „schweigenden" Okhuizen zu vermuten, daß das Geigersche Meßgerät vielleicht zuviel sagt. Das Geigersche Bild ist offenbar nicht frei von ausschreitenden Schleuderwerten.

Bemerkenswerte Beobachtungen

Bei hohen Geschwindigkeiten tritt beim Geigerschen Schaubild, das zum Unterschied vom Okhuizen auch die Schwingungen großer Häufigkeit aufzeichnet, die Wirkung der Lasten selbst fast völlig zurück. Es scheint damit auch am Eisenbahnoberbau das hervorzutreten, worauf bei Brücken im Schrifttum schon aufmerksam gemacht worden ist, daß nämlich Überlagerung der Gegenwirkungen des Oberbaues über die Lastwirkungen durch eine Erscheinung eintritt, die als Phasenverschiebung bezeichnet wird. Damit tritt in die Auffassung dynamischer Erscheinungen an Trägern an erster Stelle der Träger selbst und nicht die Last. An Fachwerkbrücken können die möglichen Wege und Aufenthalte der Gegenwirkungen in Knotenpunkten usw. einigermaßen klar verfolgt werden. Das gleiche ist am Oberbau nicht der Fall. Gleichwohl scheint auch hier die Erscheinung der Phasenverschiebung bei großen Zuggeschwindigkeiten zur Verwischung der Lastwirkungen zu führen.

Abb. 17

Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger (*a*) und Okhuizen (*b*), umgezeichnet auf die gleiche Länge und den gleichen Spannungsmaßstab.

Zugzusammensetzung: elektr. Lokomotive allein; Zuggeschwindigkeit: 48,5 km/h; Fahrtrichtung: von Freising nach München.

a Papiergeschwindigkeit 13 m/min; Meßlänge 197 mm; *ν* Schwingungen in 1 min. Meßlänge = 60 mm.

Abb. 18
Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger (*a*) und Okhuizen (*b*), umgezeichnet auf die gleiche Länge und den gleichen Spannungsmaßstab.
Zugzusammensetzung nach Abb. 15; Zuggeschwindigkeit: 90 km/h; Fahrrichtung: von München nach Freising.
a Papiergeschwindigkeit 7,1 m/min, Meßlänge 197 mm; *ν* Schwingungen in 1 min. *b* Meßlänge = 60 mm.

Die Meßgeräte sind am Schienenfuß angebracht, b 19, und man sollte daher im wesentlichen Zug-pnnungen erwarten. Das ist auch bei gerin-e Geschwindigkeiten der Fall, ändert sich e überraschenderweise mit zunehmenden Ge-cwindigkeiten immer mehr zugunsten der rckspannungen, und zwar in ungleichem Maße i beiden Meßgeräten, s. Abb. 16 bis 18. Bei Geiger e en die Druckspannungen weit größer als bei Ok-in, und zwar wird bei ganz großen Geschwindigkeiten e Erscheinung so auffällig, daß die Richtigkeit der eirschen Aufzeichnungen angezweifelt werden muß.

Bedeutung der Versuche

Ian wird den Versuchen, so sorgfältig sie auch durch-f irt sein mögen, an sich eine abschließende Bedeutung noch nicht zuschreiben dürfen. Das ganze Feld der dynamischen Beobachtungen ist so neu und unerforscht, daß hier erst im Laufe der beschriebenen Versuche Erfahrungen gesammelt wurden, die offenbar noch nicht abgeschlossen sind. Anscheinend ist die Gerätefrage noch nicht befriedigend gelöst. Ein von der Reichsbahn erlassenes Preisausschreiben hat wenig befriedigende Ergebnisse gebracht und nicht zu Preisverteilungen geführt. Jedenfalls steht das eine fest, daß die Messungen am Eisenbahnoberbau mit außerordentlich hohen, äußersten Schwingungszahlen zu rechnen haben und damit an Meßgeräte noch viel weitgehendere Anforderungen stellen, als dies anderweitig, z. B. bei Brücken usw., der Fall ist. Die Bilder, die die neuen dynamischen Messungen der Oberbaubeanspruchungen, insbesondere bei großen Geschwindigkeiten liefern, weichen so sehr von bisherigen, die mit dynamisch nicht eingestellten Geräten gewonnen wurden, ab, daß sich eine weitere Verfolgung der Sache nicht wird umgehen lassen. Der in der Ausübung Stehende wird, abgesehen von der Frage der vollen Zuverlässigkeit der neuen dynamischen Aufzeichnungen, Zweifel zu hegen geneigt sein, ob denn diese aufgezeichneten Spannungen, auch wenn sie tatsächlich auftreten, bei der Kürze der Zeit zu Bruchwirkungen führen können.

Jedenfalls bewegen wir uns bei der Anwendung der Dynamik auf Eisenbahnoberbau auf einem ebenso wichtigen, wie schwierigen und noch wenig erforschten und durch Erfolge ausgezeichneten Gebiete. Es darf dies aber nicht abhalten, auf dem begonnenen Wege, auch wenn er mühevoll ist, weiterzuschreiten. [B 1601]

Abb. 19
(huizen-Spannungsmesser, am Schienenfuß befestigt.

Berg- und Hüttenindustrie in Peru

er sich auf das Kordillerengebiet beschränkende Berg-u erus geht in der Hauptsache auf Silber, Blei-Zink und up r sowie auf Petroleum aus. Die jährliche Silber-eu ung ist in den letzten Jahren auf 650 t jährlich ge-iegı, so daß Peru unter den silbererzeugenden Ländern dtter Stelle steht. Das Silber wird hauptsächlich aus lei-Zink- und Kupfererzen ausgebracht. Die bekann-ste Anlagen sind die der Cerro de Pasco Copper Corp., i (r eine neuzeitliche Bleihütte mit 250 t Tagesleistung ger Erze der Gesellschaft sowie auch aufgekaufte Fremd-ze on kleineren Gruben verhüttet. In der neuzeitlich ısgerüsteten Kupferhütte der Gesellschaft sind die frühe-n ebläseöfen durch Flammöfen und eine Bessemer-ılag ersetzt[1]).

[1] „Metall und Erz" Bd. 25 (1928) Nr. 10 S. 234.

Das zweite große peruanische Kupferunternehmen, die Northern Peruvian Mining and Smelting Co., bereitet ihre Erze in einer vereinigten naßmechanischen und Schwimmaufbereitung mit 250 t Tagesleistung auf bei einem mittleren Ausbringen von 92 vH des Gold- und Silbergehaltes. Die in einem Oliver-Filter entwässerten Konzentrate werden vor der Verschiffung in ölbeheizten Öfen getrocknet. Die notwendigen Kohlen werden in eigenen Gruben gewonnen.

Die gesamte, fast ausschließlich vom Berg- und Hüttenwesen aufgenommene Kohlenförderung Perus beträgt jährlich rd. 350 000 t. Unter den Petroleumerzeugern steht Peru mit 17,5 Mill. hl im Jahre 1926 an zweiter Stelle in Südamerika. Eine Sonderstellung im peruanischen Bergbau nimmt die jährlich etwa 800 t betragende Vanadiumgewinnung ein, bei der durch Kalzinieren des Patronits ein Konzentrat mit etwa 45 vH V_2O_5 gewonnen wird. Die Zukunft des Bergbaues in Peru ist bei günstiger Entwicklung der Verkehrsverhältnisse aussichtsreich. [N 1965] Pr.

Betriebsüberwachung durch Plankostenrechnung

Von Dipl.-Ing. Fr. Zeidler, Berlin[1])

Ermittlung des Werkstoffverbrauchs und Bewertung der Bestände der Kraftwagenmotoren-Fertigung — Plankosten-Monatsbilanz mit Kosten- und Gewinnvergleich — Ausbau des Plankostenverfahrens zur Platzkostenrechnung mit Planzahlen.

(Schluß von S. 1252.)

Hierzu Taf. 7 und 8.

Werkstoffverbrauch und Bewertung der Bestände

Bei der üblichen Art der Verrechnung der Bestände belastet man mit den eingekauften Rohstoffen zuerst ein „Rohstoffkonto" (Eingangslagerkonto), dann werden sie bei der Übernahme in die Bearbeitungswerkstatt auf ein Konto „Werkstoffe in Fertigung" übergeführt; von hier aus gehen die Werkstoffwerte in verkaufsfertigen Erzeugnissen auf das „Fertiglagerkonto" über, bis sie endlich beim Versand diesem gutgeschrieben und dem „Verkaufskonto" belastet werden.

Beim vorliegenden Verfahren der Werkstoffverrechnung, Abb. 4, arbeitet man viel einfacher, und zwar zunächst nur mit den Abweichungen von den Planzahlen; dabei fällt die Verbuchung der in Bearbeitung übergegangenen Werkstoffe, also auch das Konto „Werkstoffe in Fertigung", weg. Alle Werk- und Hilfstoffe werden nach Eingang einem „Werkstoff-Verrechnungskonto" U, Abb. 4, belastet und hier bleiben sie, bis die aus ihnen hergestellten Erzeugnisse versandt sind. Zugleich wird auf diesem Konto der Werkstoffwert von Fehlarbeiten und von „unproduktivem" Verbrauche (für Gemeinkostenaufträge) verrechnet; die Werkstoffkosten der versandten Erzeugnisse werden schließlich unter Entlastung des „Werkstoffkontos" auf das „Verkaufskonto" übertragen. Grundlage der innerbetrieblichen Verrechnung sind dabei, wie immer bisher, die festgelegten Planpreise und -mengen (Stücklisten), dabei werden alle Werkstoff-Planpreise frei einkaufendem Werk, also einschließlich Frachten u. ä., gerechnet. Als „Abweichungen" müssen aber für sich folgende Störungseinflüsse erfaßt werden:

1. die wirklich gezahlten Einkaufspreise sind höher oder niedriger als die Planpreise,
2. die Bezugsfrachten usw. zeigen Änderungen gegenüber den in die Planzahlen eingerechneten Beträgen, z. B. bei Bezug von verschiedenen Lieferwerken,
3. Mehr- oder Minderverbrauch gegenüber den Planmengen,
4. Verluste durch Fehlarbeit, die sowohl Werkstoffkosten wie Fertigungslöhne betreffen.

Die Einflüsse 1 und 2 werden in der Einkaufsanforderung, Vordruck Q, und der Rechnung des Lieferwerkes, Vordruck R, festgehalten. Der obere Teil vom Vordruck Q und die Spalten „Menge", „Gegenstand", „Planpreis" werden von der Lagerverwaltung auf Grund der nur Mengenänderungen enthaltenden Lagerbestandkarten und der Plankosten-Sammelkarte gemäß Linie 30 ausgefüllt; Lieferer, Bestell-Nr., Lieferfrist und, ganz unten rechts, vereinbarter Preis, werden im Einkaufsbüro eingesetzt und dienen als Unterlagen zum Ausschreiben des Bestellbriefs wie auch für die Prüfung der eingehenden Rechnung. Diese erhält bei Eingang einen Stempel, in den nach Linie 31 der Planpreis eingesetzt wird, so daß sich der Gesamtbetrag der 25 Abgüsse zu Planpreis frei Werk mit 450,— gegenüber dem wirklichen Rechnungsbetrag frei Werk von 500,— ergibt.

Die Planmengen sind in den Werkstoff-Ausgabelisten, Vordruck S, festgelegt, die in den Angaben der ersten Spalten mit den entsprechenden Zusammenbau-Stücklisten, Vordruck E, Abb. 2, Taf. 5, übereinstimmen, also gemäß Linie 33 zugleich mit diesen als Durchschlag oder Umdruck hergestellt werden können. Da in Spalte 2 zunächst nur die Stückzahl aller Teile je Fertigungseinheit angegeben ist, muß in Spalte 5 noch die Gesamtzahl jeder Art von Teilen für den ganzen Auftrag („Fertigungsmenge" rechts oben) eingesetzt werden. Bei der Ausgabe aus dem Lager schreibt der Lagerverwalter die Abgänge auf den Lagerbestands ten ab und vermerkt in der Werkstoff-Ausgabe den Ausgabetag. Solange der Werkstoffverbrauch Planwerte nicht überschreitet, ist damit die Verbrau kontrolle im einzelnen vollständig erledigt; erst w ein Mehrverbrauch eintritt, wird er als „Abweichu (Störungseinfluß 3) genau rechnungsmäßig verf Dafür sind die vier rechten Spalten des Vordruck bestimmt; der Ersatz eines beim Einbau unbrauchbar wordenen Dichtungsringes wird also gemäß Linie zum Planpreise verrechnet. Bei Fehlarbeit (Auss ist Störungseinfluß 4) ist nicht nur der Werkstoff brauch, sondern auch der ganze bis dahin aufgewa Fertigungslohn zu verrechnen. Das geschieht zunächst d die Fehlarbeitmeldung, Vordruck T, in die nach Lini die entsprechenden Plankosten aus der Plankos Sammelkarte übertragen werden.

Alle Planzahlen und Abweichungen werden nun dem Werkstoff-Verrechnungskonto, Vordruck U, ge melt. Dieser Vordruck wird monatlich abgeschlos und jedesmal wird ein neuer mit den Überträgen Vormonate angelegt. Bestände und Verbrauch we hier nach den gleichen Werkstoffklassen getrennt gerechnet wie in den Sammelkarten. In den Spalten stand am Monatsanfang" werden die Überträge Vormonat („Bestand am Monatsende") eingesetzt, trennt nach tatsächlichen und nach Planwerten.

Im Beispiel (Monat Januar 1927) stimmen b Werte überein, weil die Einführung der Plankosten nung mit dem 1. Januar 1927 vorausgesetzt wurde, die Anfangsbestände zu Plankosten bewertet wurden

Es ist zu beachten, daß die Bestandsangaben n allein die Lagervorräte an unbearbeiteten Werkst enthalten, sondern auch die Bestände „In Fertigu die von Vorratsteilen in Zwischenlagern und die ganzen Maschinen im Fertiglager, und zwar beim liegenden Plankostenverfahren bewertet zu Plan-W stoffkosten und Plan-Fertigungslöhnen, während die reits dafür aufgewendeten Gemeinkosten (der Werks verwaltung und Fertigung, hier einheitlich in vH Fertigungslöhne behandelt) für sich in einer Aufstel erscheinen, die im folgenden Abschnitte noch darges wird.

Die Zugänge im Monat werden nach Linie 32 so mit der Summe der „tatsächlichen" Gestehungskosten Werk, als auch mit der Summe der entsprechenden „F kosten", die auf den Eingangsrechnungen vermerkt eingesetzt. Die Übertragung gemäß Linie 32 ist s verstehen, daß hier nicht jeder einzelne Eingangsp verbucht wird, sondern nur die Summe in jeder W stoffklasse, die in gesonderten Büchern oder Listen auch durch unmittelbare Aufrechnung aller zusam gehörigen Rechnungsbelege gebildet wird. Die folg Spalte „vH" zeigt nun in dem Verhältnis der tats lichen zu den Planwerten der Werkstoffzugänge deutlich den Wirkungsgrad der Einkaufsabteilung. wirtschaftliche Erhöhungen des Aufwands für Werks etwa infolge Einkaufs von teureren Lieferfirmen durch Mehrfrachten bei eiliger Lagerergänzung werden ohne weiteres aufgedeckt, während man sie den üblichen Selbstkostenverfahren meist aus den A verliert.

In den Spalten „Gesamt im Monat" werden nun Summen aus Anfangsbeständen und Zugängen gebi Das „tatsächliche Gesamt" ist unmittelbar die Summe beiden vorhergehenden „tatsächlichen" Beträge. Dag wird die Summe der Plan-Anfangsbestände und F zugänge zuvor noch um den etwaigen Werkstoff-„M

[1]) Von diesem Aufsatz sind Sonderdrucke vom VDI-Verlag, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, zu beziehen.

rbrauch“ nach Vordruck S und „Fehlarbeit“-Mehrver-auch nach Vordruck T berichtigt. Dafür sind im Vor-uck U zwei Spalten „Planwertberichtigung“ vor-sehen, in die die entsprechenden Beträge nach Linie 35 d 37 eingesetzt werden. Jetzt erscheinen die Bestände der Spalte „Gesamt“ unter „Planwert“ bereits um den cht planmäßigen Fertigungsverbrauch berichtigt; in der rechnung nach tatsächlichen Werten wird dagegen eser Mehrverbrauch erst später (in der Spalte „Ver-ufe“) rechnerisch erfaßt. Dazu dienen die Verhältnis-hlen der Spalte „vH“ (tatsächlicher Gesamtwert zu anwert-Gesamt im Monat); ihre Anwendung wird bei r Erklärung des Vordruckes V verständlich werden. s weiterer nicht planmäßiger Werkstoffverbrauch ist r außerhalb der Fertigung zu berücksichtigen, d. h. für meinkostenarbeiten (Werkinstandhaltung) oder für rkäufe unbearbeiteter Stoffe an Werkangehörige u. ä.; wird in den nächsten Spalten „Ausnahmeverbrauch“ f Grund besonderer Belege, nach Werkstoffklassen ge-nmelt, verbucht.

Zur Verrechnung aller übrigen Abgänge vom Werk-ff-Verrechnungskonto dient Vordruck V. Hierbei han-lt es sich nur noch um den (hauptsächlichsten) Werk-ffverbrauch, der in Gestalt versandter Erzeugnisse s den Beständen ausscheidet. Im Vordruck V werden monatlich verkauften Mengen oder Stückzahlen jedes Ezeugnisses eingetragen und die entsprechenden Plan-Verkstoffkosten und zugleich die gesamten monatlichen Pn-Fertigungslöhne auf Grund der Unterlagen der Pnkosten - Sammelkarten, Vordrucke I Abb. 2, Tafel 5, (Derträge gemäß Linie 38), ausgerechnet. Wurden neben-bei auch Ersatzteile versandt, so sind in der Zeile „Er-satzteile“ die darauf entfallenden Plankosten an der Hand de zugehörigen Plankostenkarten zu verbuchen.

Es ergeben sich nun in der Zeile „Summe“ und in de Spalte „Gesamtbetrag“ die Plansummen des Werk-stoffverbrauchs in den versandten Erzeugnissen, einmal nach Werkstoffklassen, das andere Mal nach Erzeugnissen ausgerechnet. Um hieraus die tatsächlichen Beträge für de Werkstoffwert des Monatsversands zu erhalten, be-nutzt man jetzt die oben erwähnten Verhältniszahlen „Gsamt im Monat vH“. Da sie sämtliche Abweichungen zwischen dem Soll- und dem Ist-Verbrauch an Werk-sto enthalten (höhere Einkaufspreise, „Mehrverbrauch“ un „Fehlarbeit“), findet auf diese Weise nun auch in de tatsächlichen Werten die mengenmäßige Berichtigung ihrn Ausdruck, die für die Planwerte schon vorher in Volruck U vorgenommen wurde. Nach Linie 40 werden die „vH“-Verhältniszahlen aus dem Werkstoff-Verrech-nungskonto nach Vordruck V übertragen; hier werden mit ihnen die darüberstehenden Planwerte „Summe“ jeder Werkstoffklasse vervielfältigt, damit man in der letzten Zei die „tatsächlichen Kosten“ erhält. Nun werden nach Linie 39 alle Plan-Werkstoffkosten und nach Linie 41 die tatsächlichen Werkstoffkosten in die Spalten „Ver-käufe“ des Vordruckes U übertragen. In den Planwerten sind hier somit nur die reinen Planmengen erfaßt, und die „Planwertberichtigung“ wurde vorher vorgenommen, wogegen in den tatsächlichen Werten hier „Mehrver-brauch“ und „Fehlarbeit“ mitverrechnet sind. Der „Be-stand am Monatsende“ zu tatsächlichen Planwerten er-gibt sich endlich aus den entsprechenden Spalten „Gesamt im Monat“ abzüglich „Ausnahmeverbrauch“ und „Ver-käufe“ — unverarbeitete Werkstoffe, solche in Fertigung, fertige Einzelteile, Baugruppen und ganze Maschinen —, und diese Endzahlen werden auf das Werkstoff-Verrech-nungskonto des nächsten Monats vorgetragen.

Die Aufdeckung von Verlustquellen

Die Plankostenrechnung ist nicht darauf beschränkt, dem Betriebe, Abteilungen und Arbeitern, genaue Richt-zahlen für die erfolgreichste Erfüllung ihrer Aufgaben zu geben; sie kann und muß ebenso der Verkaufsabtei-lung, Verwaltung und Leitung Ziele setzen und die Ur-sachen von Erfolg oder Mißerfolg entschleiern. Damit erfüllt sie auch den Sinn wissenschaftlicher Betriebs-führung: Verschwendung zu erkennen, um sie zu ver-hüten. Das übliche Gewinn- und Verlustkonto zeigt wohl das Geschäftsergebnis, es zeigt aber nicht, wie weit dabei Betrieb, Verkauf, Verwaltung und oberste Leitung ihre Pflicht getan haben, weil ihnen keine sorgsam aufein-ander abgestimmten und eindeutig bezeichneten Ziele ge-steckt sind, an denen das Erreichte zahlenmäßig ge-messen werden kann. Plankosten liefern dem Betriebs-manne die Richtlinien für die Herstellkosten; die Plan-Erfolgsrechnung oder der Haushaltplan gibt den kauf-männischen Abteilungen die Maßstäbe für den erzielten Gewinn.

Der Schlußstein der Plan-Erfolgsrechnung ist der „Kosten- und Gewinnvergleich“, Vordruck Z in Abb. 5, in ihm fließen alle Ergebnisse der bisherigen Plankosten-rechnungen und der weiteren in Abb. 5 dargestellten Zahlenaufstellungen zusammen. Im Vordruck W werden zunächst die Abweichungen der Betriebs-Gemeinkosten ermittelt und zergliedert, um den Einfluß des wechseln-den Beschäftigungsgrades von andern Einflüssen zu son-dern. Die Betriebs-Gemeinkosten sind, wie schon in Abb. 1, Taf. 6, in „feste“ und „mit der Erzeugung veränderliche“ geschieden und nach ihrer Zusammen-setzung weiter aufgeteilt. Die entsprechenden „tatsäch-lichen Kosten“ werden unmittelbar auf Grund der aufge-rechneten Belege oder nach Linie 42 aus der Aufteilung der Hilfslöhne, Vordruck O, Abb. 3, Taf. 6, und Linie 44, für die Fehlarbeit eingesetzt, in der Spalte „Haushaltplan-Monatswerte“ die vorausgeschätzten Gemeinkosten nach dem Gesamtkostenplane und den zugehörigen Aufstellun-gen der Abb. 1, Taf. 6 (Linie 43).

Diese haushaltplanmäßigen Gemeinkosten sind nun für den vergangenen Monat auf den tatsächlichen Beschäf-tigungsgrad umzurechnen, der seinerseits durch das Ver-hältnis der Plan-Fertigungslöhne der tatsächlichen Ja-nuar-Erzeugung zu denen des Haushaltplans gemessen wird. Erstere ergeben sich aus Vordruck P in Abb. 3, Taf. 6, zu 10 450,—; die haushaltplanmäßigen Fertigungs-löhne für Januar errechnen sich wie folgt:

Sollumsatz im Jahre	{nach Vordruck A}	1 014 925,—
Plan-Fertigungslöhne dafür	{in Abb. 1, Tafel 6}	175 432,—
„ „	in vH des Sollumsatzes	17,28531 vH
Umsatzwert der Sollerzeugung im Januar nach Vordruck B in Abb. 1, Tafel 6		90 000,—
Plan - Fertigungslöhne des Sollumsatzes im Januar 90 000,— × 0,1728531		15 556,78

Der Beschäftigungsgrad beträgt also $100 \cdot \dfrac{10\,450,—}{15\,556,78}$ = 67,1732 vH; hiernach sind die Haushaltplanzahlen der Gemeinkosten umzurechnen und in die Spalte „Ist-Erzeu-gung, Monats-Planwerte“ einzusetzen. Die Spalte „Reine Kostenabweichung“ enthält nun den Mehr- oder Minder-verbrauch an tatsächlichen Kosten gegenüber den um-gerechneten Monats-Planwerten (Ist-Erzeugung), also z. B.

für monatlich fällige feste Kosten tatsächlich	7485,—
Ist-Erzeugung-Planwerte	5247,36
Mehrverbrauch	2237,64

In den „Reinen Kostenabweichungen“ sind hiernach die außerbetrieblichen Einflüsse infolge des niedrigeren Beschäftigungsgrades mit Abweichungen infolge inner-betrieblicher Ursachen (Güte der Betriebsführung, Lei-stung der Arbeiter, Ausnutzung der Maschinen u. ähnl.) vermengt. Sie werden in den beiden letzten Spalten rechnerisch getrennt; und zwar ergeben sich für die festen Kosten die Abweichungen aus der Betriebsführung durch Vergleich der „tatsächlichen Kosten“ mit den „Haus-haltplan-Monatswerten“, die Abweichungen aus dem Be-schäftigungsgrade als Unterschiede der Monats-Planwerte für „Ist-Erzeugung“ und für „Haushaltplan“. Für die mit der Erzeugung veränderlichen Kosten kommen natur-gemäß nur Abweichungen infolge Betriebsführung in Be-tracht; man findet sie durch Vergleich der „tatsächlichen Kosten“ mit den Monats-Planwerten der „Ist-Erzeugung“.

Damit sind in den letzten Spalten alle Abweichungen der Betriebsgemeinkosten nach ihren Ursachen zerglie-dert. Infolge des schlechten Beschäftigungsgrades ent-stand ein im Wesen der festen Kosten begründeter „Ver-lust“ von 3181,47 (ungedeckt gebliebene Gemeinkosten),

dem aber als Ergebnis der Betriebsführung eine tatsächliche Ersparnis von 397,05 im Vergleiche zum Haushaltplan gegenübersteht. Die Entstehung dieses Betrags ist aber noch weiter nachgewiesen: durch Entlassung eines Meisters und eines Lagergehilfen wurden z. B. 130,— und 79,20 an festen Kosten gespart, während für 90,88 mehr Betriebs- und Hilfsstoffe und 57,04 mehr Kraft und Licht verbraucht wurden.

Der für die weitere Rechnung noch nötige Gesamtumsatzplan für 1927, Vordruck A 1, wird nach dem Gesamtkostenplan, Vordruck A in Abb. 1, Taf. 6, aufgestellt; er weicht von ihm nur insofern ab, als hier der Jahresbetrag an Plan-Betriebsgemeinkosten für den Sollumsatz berechnet und auf die einzelnen Monate im Verhältnis der Plan-Fertigungslöhne der monatlichen Sollumsätze lt. folgender Rechnung verteilt worden ist:

Umsatzwert der Sollerzeugung im Jahr . . .	1 000 000,—
Haushaltplanmäßige Betriebs-Gemeinkosten dafür	182 340,28
Betriebsgemeinkosten in vH des Umsatzwerts	18,234 vH
Sollumsatz im Jahre	1 014 925,—
Jährliche Plan-Betriebsgemeinkosten des Sollumsatzes 1 014 925,— × 0,18234	185 061,70,

die im Verhältnis der entsprechenden monatlichen Plan-Fertigungslöhne aufzuteilen sind.

Es kann nunmehr der bisherige Beständenachweis, Vordruck U in Abb. 4, durch eine Aufstellung der zugehörigen Betriebsgemeinkosten ergänzt werden, Vordruck X in Abb. 5. Die Einführung der Plankostenrechnung war mit dem 1. Januar begonnen worden; im Vordruck X „Fertigungslöhne und Gemeinkosten in den Beständen" erscheinen deshalb für Fertigungslöhne und Betriebsgemeinkosten übereinstimmende tatsächliche und Planwerte des „Bestandes" am 1. Januar (Vortrag aus dem Vormonat, Planbewertung, Verhältnis „tatsächlich" zu „Planwert" 100 vH). Als „Zugänge im Monat" ergeben sich die beiden Zahlen der Fertigungslöhne aus dem Lohnkontrollbericht, Vordruck P in Abb. 3, Taf. 6, gemäß Linie 46, die der Betriebsgemeinkosten nach Linie 44 aus den Endsummen der „tatsächlichen Kosten" und der „Ist-Erzeugung Monats-Planwerte" von Vordruck W. Die Summen der Zeilen „Bestand" und „Zugang" geben jetzt die Verhältniszahlen („tatsächlich" zu „Planbetrag") von 100,8 vH bei Fertigungslöhnen und 105,3 vH bei Betriebsgemeinkosten; diese Verhältniszahlen dienen später zur Umrechnung der Planwerte des Monatsumsatzes in tatsächliche Werte. Als Bestandsverminderung erscheint zunächst die „Fehlarbeit"; ihr Lohnanteil wird nach einer Aufrechnung der Januar-Fehlarbeitmeldungen, Vordruck T in Abb. 4, eingesetzt, die zugehörigen Betriebsgemeinkosten folgen aus dem Lohnanteil und dem im Kopfe von Vordruck X eingetragenen Plan-Gemeinkostensatze von 105,4886 vH. (Dieser Betriebsgemeinkostensatz ergibt sich aus den Januarplanzahlen für Fertigungslöhne und Betriebsgemeinkosten des Gesamtumsatzplanes, Vordruck A 1.) Die Summe der Beträge von 100,— Fertigungslöhnen und 105,49 Gemeinkosten ist der im Vordruck W für Fehlarbeit eingesetzte Wert. Der zweite Abgängeposten ist der für den Versand (Umsatz). Die darin enthaltenen Fertigungslöhne werden nach Vordruck V, Abb. 4, gemäß Linie 48 übertragen; die zugehörigen Plangemeinkosten erhält man aus den Planfertigungslöhnen und dem im Kopfe des Vordrucks stehenden Plan-Gemeinkostensatze zu 12 945,96, während man die tatsächlichen Gemeinkosten wieder aus der Planzahl von 12 945,96 mittels des Verhältnisses „tatsächlich" : „Planbetrag" findet: 12 945,96 × 1,053 = 13 632,10. Endlich wird die Summe der Abgänge und aus den Unterschieden gegen die Summe der Zugänge der auf den folgenden Monat vorzutragende Endbestand für Januar gebildet.

Als Schlußstein erscheint der Kosten- und Gewinnvergleich in den Vordrucken Y und Z. Im oberen Teile des Vordruckes Z werden zunächst die Januarumsätze nach dem Gesamtkostenplane („Soll") und die tatsächlichen Umsätze zu Planwerten und Rechnungsbeträgen zusammengestellt. Es folgt die Aufstellung der tatsächlichen Herstellkosten für die verkauften Erzeugnisse (Werkstoffkosten und Fertigungslöhne nach Linie 48 aus Vordruck V in Abb. 4, Gemeinkosten aus Vordruck X[…] der Unterschied zwischen den Herstellkosten und d[…] Summe der Rechnungsbeträge ist der Rohgewinn, von d[…] wieder die tatsächlichen Vertriebs- und Verwaltungsg[…] meinkosten auf Grund besonderer Buchführung abgese[tzt] werden, damit man auf den Ist-Reingewinn für Janu[ar] kommt. Verglichen mit dem Soll-Reingewinn nach d[em] Gesamtumsatzplane, Vordruck A 1, Linie 49, ergibt si[ch] ein Mindergewinn, eine Gewinnabweichung, von 1101,[13] ein Ergebnis, das die Direktion unseres Beispielbetrie[bes] sofort veranlassen wird, nach den Ursachen zu frage[n] die dann im Kosten- und Gewinnvergleich ganz eingehe[nd] erklärt werden.

Die Umsatzbeträge werden nun gemäß Linie 50 in d[as] Ausrechnungsblatt zum Gewinnvergleich, Vordruck […] übertragen (Zeilen A, B, C), und in Zeile D wird […] Planzahlfehlbetrag infolge verminderter Umsatzmen[ge] errechnet. Der Soll-Rohgewinn für Januar, dessen V[er]hältnis zum Soll-Umsatz in vH in Zeile E berechnet wi[rd,] findet sich in Vordruck A 1. Die Planherstellkosten […] Zeile F sind einzeln im Vordruck V der Abb. 4 und V[or]druck X enthalten, die tatsächlichen Herstellkosten, Zeile […] werden aus dem Vordruck Z übernommen. Die Vertrie[bs-] und Verwaltungsgemeinkosten, Zeilen H und I, sind […] den Vordrucken A 1 und Z zu finden, ebenso die Pl[an-] Herstellkosten für Zeile J.

Die im Vordruck Y und Z ermittelte Gewinnabw[ei]chung von 1101,13 wird nun im Vordruck Y unten wei[ter] nach ihren Ursachen zergliedert; dazu dienen die vorl[…] in Zeile B bis K errechneten Vergleichzahlen. Als U[r]sachen des Mindergewinns ergeben sich geringere U[m]satzmenge, ungünstigere Umsatz-Zusammensetzung info[lge] höheren Anteils weniger gewinnbringender Erzeugni[sse] (Typenverschiebung), höhere Herstellkosten und schli[eß]lich höhere Vertriebs-Kosten usw. gegenüber den Pl[an]werten, die sich alle zahlenmäßig genau erfassen lass[en;] ein Mehrgewinn wurde demgegenüber einzig durch ein[…] bessere Verkaufspreise erzielt. Diese Zergliederung w[ird] gemäß Linie 51 auch in den Vordruck Z übertragen.

Auch die in den Beständen und der Erzeugung z[um] Ausdruck kommenden Kostenabweichungen werden […] Vordruck Z (rechts unten) weiter zergliedert. Die Lin[ien] 52, 53, 54 zeigen, wie die dafür nötigen Werte aus […] Vordrucken W, U der Abb. 4 und P der Abb. 3, Taf[. 6] zusammengetragen werden. In den Spalten „Zerglied[erung der] Kostenabweichungen" zeigt sich der überwiegende Einf[luß] der gedrosselten Beschäftigung, die dazu führt, daß al[…] ein Plankosten-Überbetrag von 3181,47 an festen Kos[ten] von einer verminderten Erzeugungsmenge getragen wer[den] muß. Dem Werkstattleiter wird der Mehraufwand […] 400,— für Fertigungslöhne nichts Neues sagen; denn […] ist darüber durch den täglichen Lohnkontrollbericht, V[or]druck P in Abb. 3, Taf. 6 laufend unterrichtet wor[den.] Im Gesamtkostenvergleich zwischen Plan- und tatsä[ch]licher Erzeugung am Ende von Vordruck Z ist noch […] mal eine Kontrollübersicht zusammengefaßt; wenn a[…] das Geschäftsergebnis des abgerechneten Monats n[…] das gesteckte Ziel erreicht hat, so ist die Leistung an […] Hand des so in alle Einzelheiten des Mißerfolges hin[…] leuchtenden „Kosten- und Gewinnvergleichs" in der L[…] durch planvolles Einsetzen der Kräfte an den als schw[…] erkannten Stellen des Geschäftsablaufs das Ergebnis […] den nächsten Monaten zu verbessern. Der „Kosten- […] Gewinnvergleich" der Plankosten- und Haushaltplanr[ech]nung ergibt eine so außerordentliche Zielsicherheit für […] künftige Maßnahmen, wie sie mit anderen Kostenr[ech]nungsverfahren gar nicht erreicht werden kann.

Ausbau zur Platzkostenrechnung

Der bisher dargestellte Kosten- und Haushaltplan […] überall dort anwendbar, wo man den einzelnen Auf[trag] durch den ganzen Herstellungsgang verfolgen kann […] er seine Selbständigkeit immer behält, also in allen […] trieben, wo eine Selbstkostenrechnung nach dem Zusch[lag]verfahren möglich ist. In Betrieben mit einheitlic[her] durchgehender Erzeugung, in denen die Selbstkostenr[ech]nung als Teilungsrechnung durchführbar ist, muß […] Plankostenverfahren verschiedentlich abgeändert wer[den.]

…lustquellen-Nachweis

Einkaufs-Anforderun…

Bestand mind. 12, höchst. 50 — Anford: …
Auf Lager 5 — Tag 6…
Letzte Bezugsquelle. *Gießerei G.m.b.H., Düsseldorf* — Ausgestell… / Bestätigt…

Bestellt bei: *Gießerei G.m.b.H.,* Ort: *Düsseldorf* — Bestellung … Tag 7. … Lieferfris…

Menge	Abmessung	Gegenstand
25		Abgüsse Mod. Nr 101

Lieferfrist. *sofort*
Bemerkungen

Q

(42) Aus Aufteilung der Hilfslöhne, Vordruck O Abb. 3

(43) Gemeinkostenbeträge aus Vordrucken A, B, C, D Abb. 1

(47) Plan-Betriebsgemeinkostensatz = 105,4886 vH aus Gesamt-Umsatzplan Vordruck A 1
105,4886 vH von 12 272,38 = 12 945,96
105,3 vH " 12 945,96 = 13 632,10

(46) Aus Lohnkontrollbericht Vordruck P, Abb. 3

(30) Vom Eintrag in der Lag… bestandkarte auf Grund d… Plankosten-Sammelkart… Vordruck F in Abb. 2,

Fertigungslöhne und Gemeinkosten in den Beständen — *Januar 1927*

Plan-Betriebsgemeinkostensatz = *105,4886 vH d. Plan-Fertigungslöhne*

Tag	Gegenstand	Fertigungslöhne tatsächl. Betrag		Fertigungslöhne Plan-betrag		Fertigungslöhne vH	Betriebsgemeinkosten tatsächl. Betrag		Betriebsgemeinkosten Plan-betrag		Betriebsgemeinkosten vH
1.1.	Bestand	40 000	00	40 000	00	100,0	42 195	44	42 195	44	100,0
31.1.	Zugang im Monat	10 850	00	10 450	00		13 173	49	10 389	07	
	Summe der Zugänge	50 850	00	50 450	00	100,83	55 368	93	52 584	51	105,3
	Fehlarbeit	100	00	100	00		105	49	105	49	
	Versand	12 370	56	12 272	38	100,8	13 632	10	12 945	96	105,3
	Summe der Abgänge	12 470	56	12 372	38		13 737	59	13 051	45	
1.2.	Bestand	38 379	44	38 077	62	100,8	41 631	34	39 533	06	105,3

X

(45)

(44) Aufrechnung der Fehlarbeit-Meldungen Vordruck T, Abb. 4

(48) Aus Kosten im Versand Vordruck V, Abb 4

Giesserei G. m. b. …
Düsseldorf

Besteller ……………
Ort ……………
Verladen nach ……………
Bestimmungsort ……………
Reiseweg ……………
Auftr.-Nr des Bestellers 1009

Rechnun… / Ta… / Verladen … / Ta… / Lieferfrist… / Frachtbri…

Menge	Gegenstand	Gewicht	Ei…
25	Abgüsse Mod. Nr 101		

Stück	Plan-Preis	Plan Betrag
1	18,00	450,00

(50)

Kosten- und Gewinnvergleich — *Januar 1927*

Modell	Plan-verkaufs-preis	Sollumsatz Stück	Sollumsatz Wert		Tatsächlicher Umsatz Stück	Planwert		Rechn. Betrag	
16 B	200,00	35	7 000	00	30	6 000	00	6 300	00
24 A	280,00	70	19 600	00	75	21 000	00	21 000	00
30 A	310,00	40	12 400	00	38	11 780	00	11 780	00
36 F	420,00	10	4 200	00	6	2 520	00	2 520	00
42 R	450,00	42	18 900	00	40	18 000	00	18 000	00
45 B	520,00	5	2 600	00	8	4 160	00	4 000	00
Ersatzteile			4 000	00		4 500	00	4 500	00
Summe		202	68 700	00	197	67 960	00	68 100	00

Herstellkosten			
Werkstoffkosten	23 827,06		
Fertigungslöhne	12 370,56		
Betriebsgemeinkosten	13 632,10	49 829	72
Rohgewinn		18 270	28
Vertriebs- und Verwaltungsgemeinkosten		15 900	00
Ist-Reingewinn im Monat		2 370	28
Soll-Reingewinn		3 471	41
Gewinnabweichung		*1 101	13

Zergliederte Gewinnabweichung			Zergliederte Kostenabweichungen		
Umsatz-Mengenabweichungen	*206	94	Werkstoffkosten		
Umsatz-Preisabweichungen	140	00	Preisabweichungen	*400	00
Umsatz-Typenverschiebung	* 9	34	Mehrverbrauch	* 58	00
Herstellkosten-Abweichungen	* 865	07	Fehlarbeit	*117	00
Vertriebs- und Verwaltungs-			Gesamt	*575	00
Kostenabweichung	* 159	78	Fertigungslöhne		
Gewinnabweichung wie oben	*1 101	13	Stücklohnzuschlag	*250	00
			Reinenstückzahlabweichungen	* 50	00
Kostenabweichungen in den Beständen			Zeitlohnabweichungen	*100	00
			Gesamt	*400	00
Übertrag vom Vormonat			Betriebsgemeinkosten		
laufender Monat	*3 759	42	Abweichungen aus:		
Gesamt	*3 759	42	Beschäftigungsgrad	* 3 181	47
Verbrauch für Umsatz wie oben	* 865	07	Betriebsführung	397	05
Verbrauch für Ausnahmezwecke		18	Gesamt	* 2 784	42
in den Beständen am Monatsende	*2 894	17	Reine Kostenabweichung	* 3 759	42

Gesamt Kostenvergleich

	tatsächl. Kosten		Plan-kosten		Ab-weichung	
Werkstoff	39 100	00	38 525	00	* 575	00
Fertigungslöhne	10 850	00	10 450	00	* 400	00
Betriebsgemeinkosten	13 173	49	10 389	07	*2 784	42
Gesamt	63 123	49	59 364	07	*3 759	42

Z

(52)

(51)

Werkstoff-Klasse	Bezeichnung	Bestand a… anfa… tatsächl Wert		Pla…
A	Rotguß	800	00	
B	Stahl	2 200	00	2…
C	Grauguß	29 000	00	29…
D	Schmiedestücke	20 000	00	20…
E	Fertig bezog. Teile	16 000	00	16…
F	Stanzteile	4 000	00	4…
G	Verschiedenes	8 000	00	8…
	Summe	80 000	00	80…

V

(38) Siehe Plankosten-Sammelkarte Vordruck L Abb 2

Maschinen-Type	…ll …gewinn	
	471	41
	807	79
	754	30
18 B	007	57
24 A	283	40
30 A	247	40
36 F	780	71
42 R	458	77
45 B	330	68
Ersatzteile	836	66
Summe		
vH tatsächlicher:		32
Planbestand		
tatsächliche Kosten		

(54) Aus Lohnkontroll-Bericht Vordruck P, Abb. 3

(53) Aus Werkstoff-Verrechnungskonto. Vordruck U, Abb. 4

* bedeutet Eintragungen in roter Tinte (+ gegen Planwert, Gewinnschmälerung, Verlust)

Zeidler: Betriebsüberwachung durch Plankostenrechnung

Abb. 4. Verbuchung des Werkstoffverbrauchs

Einkaufs-Anforderung

Bestand mind. 10, höchst. 50 — Anford: Nr. 2342
Auf Lager 5 — Tag 6. 1. 27
Letzte Bezugsquelle. Gießerei G.m.b.H., Düsseldorf — Ausgestellt Braune — Bestätigt Schmidt

Bestellt bei: Gießerei G.m.b.H., Ort: Düsseldorf — Bestellung Nr 1009, Tag 7. 1. 27, Lieferfrist sofort

Menge	Abmessung	Gegenstand	Plan Preis	
25		Abgüsse Mod Nr 107	18	00

Lieferfrist sofort
Bemerkungen
Preis 20 | 00

Q

(30) Vom Eintrag in der Lagerbestandkarte auf Grund der Plankosten-Sammelkarte, Vordruck F in Abb. 2,

(31)

(33) Durchschlag (Umdruck) von Zusammenbau-Stückliste, Vordruck J in Abb. 2

(34) Laut Plankostensammelkarte, Vordruck L in Abb. 2

Werkstoff-Ausgabeliste

Auftrag Nr 2063 — Tag 1. 1. 27 — Fertig Menge. 25

Arbeitsgang Nr	Stückzahl je Einheit	Teil und Baueinheit Nr	Gegenstand	Stückzahl Gesamt	Ausgabe Tag	Mehrverbrauch Stück	Plan-preis je 100	Klasse	Betrag
1	1	103 A	Zylinderteil	25	15 1. 27				
1	24	342 X	Stiftschrauben 5/8"x48	600	15 1. 27				
1	24	368 X	Muttern 5/8"	600					
4	1	209 A	Zylinderkopfgruppe	25					
4	2	160 X	Wasseranschluß– [illegible]	50					
4	1	1602	Dichtungsring	25	15 1. 27	1	42 00	E	0 42
5	1	302 A	Ölwannenteil	25					
5	1	1622	Dichtungsring	25					

Baueinheit 8 Zylinder - 56 PS - Maschine — Stücklisten-Nr 36 F

S

Giesserei G. m. b. H.
Düsseldorf

Besteller — Rechnung Nr 24 623
Ort — Tag 16. 1. 27
Verladen nach .... — Verladen in Düsseldorf Gb
Bestimmungsort .... — Tag 10. 1. 27
Reiseweg — Lieferfrist Eilt
Auftr.-Nr des Bestellers 1009 — Frachtbrief Nr 19 267

Menge	Gegenstand	Gewicht	Einh Preis	Betrag
25	Abgüsse Mod Nr 107		20 00	500 00

Stück	Plan Preis	Plan Betrag
1	18,00	450,00

R

(1) (2) (32) (35)

Fehlarbeit-Meldung

Stück	Gegenstand	Teil Nr
3	Zylinder	103

Letzter abgerechneter Arbeitsgang		Art der Fehlarbeit
5	Bohrung vorschruppen	Bruch

Tag	Abteilung	Prüfstelle
13. 1. 27	8	H Meier

Ausbesserungsvorschrift: Wenn möglich, schweißen

Ausbesserungs Ergebnis	Prüfstelle
2 instand gesetzt, 1 unbrauchbar	H Meier

Fehlarbeit verrechnung Stück	Klasse	Plankosten f Werkstoff je 100	Betrag	Plankosten f Bearbeitung je 100	Betrag
1	C	1800 00	18 00	44 25	0 44

T

(36) Siehe Plankostensammelkarte, Vordruck F in Abb. 2

(37)

U

Werkstoff-Verrechnungskonto
Monat Januar 1927

Werkstoff-Klasse	Bezeichnung	Bestand am Monatsanfang tatsächl Wert	Planwert	vH	Zugänge im Monat tatsächl Wert	Planwert	vH	Planwert Berichtigung Mehrverbrauch	Fehlarbeit	Gesamt im Monat tatsächl Wert	Planwert	vH	Ausnahme Verbrauch tatsächl Wert	Planwert	Verkäufe tatsächl Wert	Planwert	Bestand am Monatsende tatsächl Wert	Planwert
A	Rotguß	800 00	800 00	100	420 00	400 00	105	8 00	5 00	1 220 00	1 189 00	102,8			257 00	250 00	963 00	937 00
B	Stahl	2 200 00	2 200 00	100	300 00	300 00	100	17 00	6 00	2 500 00	2 477 00	100,9			484 32	480 00	2 015 68	1 997 00
C	Grauguß	29 000 00	29 000 00	100	11 760 00	12 000 00	98		22 00	40 760 00	40 978 00	99,5			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
D	Schmiedestücke	20 000 00	20 000 00	100	16 483 00	16 000 00	103		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
E	Fertig bezog. Teile	16 000 00	16 000 00	100	6 120 00	6 000 00	102	10 00	[illegible]	22 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	25 00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
F	Stanzteile	4 000 00	4 000 00	100	2 100 00	2 000 00	105		4 00	6 1[illegible]	5 9[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
G	Verschiedenes	8 000 00	8 000 00	100	1 920 00	2 000 00	96	23 00	10 00	9 920 00	9 967 00	99,5			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Summe	80 000 00	80 000 00	100	39 100 00	38 700 00	101	58	[illegible]	119 100 00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	25 00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

(40) (41) (39)

V

Werkstoffverbrauch und Fertigungslöhne im Versand
Monat Januar 1927

(38) Siehe Plankosten-Sammelkarte Vordruck L Abb. 2

Maschinen Type	Stück Verkauf	Plankosten für Werkstoffe: Klasse A je 100	Betrag	Klasse B je 100	Betrag	Klasse C je 100	Betrag	Klasse D je 100	Betrag	Klasse E je 100	Betrag	Klasse F je 100	Betrag	Klasse G je 100	Betrag	Gesamt je 100	Betrag	Plan Fertigungslöhne je 100	Betrag
18 B	37															[illegible]	[illegible]	4064 00	1 219 20
24 A	75															[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
30 A	35															[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
36 F	8	[illegible]	3 73	[illegible]	8 99	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5260 00	[illegible]
42 R	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	8170 00	[illegible]
45 B	8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		600 00
Ersatzteile																			2 272 [illegible]
Summe			[illegible]		[illegible]		3840 00		[illegible]		[illegible]		[illegible]						
[illegible]																			[illegible]
Planbestand			[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]								2 370 56
tatsächliche Kosten			[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]								

Abb. 5. Verlustquellen-Nachweis

(42) Aus Aufteilung der Hilfslöhne, Vordruck O Abb. 3

(43) Gemeinkostenbeträge aus Vordrucken A, B, C, D Abb. 1

(47) Plan-Betriebsgemeinkostensatz = 105,4886 vH aus Gesamt-Umsatzplan Vordruck A1
105,4886 vH von 12 272,38 = 12 945,96
105,3 vH " 12 945,96 = 13 632,10

(46) Aus Lohnkontrollbericht Vordruck P, Abb. 3

Betriebsgemeinkosten-Abweichungen
Januar 1927

Kostengruppe	Art	Tatsächliche monatliche Kosten	Haushaltplan Monatswerte	Ist-Erzeugung Monats-Planwerte vH des Haushaltplans 67,1732	Reine Kostenabweichung	Anteilige Abweichung Betriebsführung	Beschäftigungsgrad
	Fertigungslöhne d. Erzeugung		15 566 78	10 450 00			
monatlich fällige feste Kosten	Werkstatt-Betriebsleiter	200 00	200 00				
	Werkstatt-Meister	130 00	260 00			130 00	
	Prüffeldleiter	[illegible]	[illegible]			[illegible]	
	Zusammenbau-Obermeister	175 00	175 00				
	Steuern und Abgaben	1 200 00	1 200 00				
	Abschreibungen	[illegible]	[illegible]				
	Sonstiges gesamt	3 400 00	3 601 69			201 69	
	Summe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
wöchentlich fällige feste Kosten	Reinigungsdienst	[illegible]	[illegible]				
	Pförtner	[illegible]	[illegible]				
	Wächter	[illegible]	[illegible]				
	Lagerverwalter	237 [illegible]	[illegible]				
	Sonstiges gesamt	[illegible]	[illegible]				
	Summe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Hilfslöhne, mit der Erzeugung veränderlich	Ausbesserungen	[illegible]	[illegible]	[illegible]			
	Überstunden-Zuschläge	[illegible]	[illegible]	[illegible]			
	Maschinen-Instandhaltung	[illegible]	[illegible]	[illegible]			
	Werkzeug-Instandhaltung	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Sonstiges gesamt	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Summe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Andere mit der Erzeugung veränderliche Kosten	Fehlarbeit	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Ausbesserungen Werkstoff	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Hilfs- u. Betriebsstoffe	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Elektr. Kraft und Licht	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Maschinen-Instandhaltung	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Werkzeug-Instandhaltung	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Sonstiges gesamt	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	
	Summe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	Gesamtsumme	13 773 49	15 466 09	10 389 07	*2 784 42	397 05	*3 111 47

W

Fertigungslöhne und Gemeinkosten in den Beständen
Januar 1927

Plan-Betriebsgemeinkostensatz = 105,4886 vH d. Plan-Fertigungslöhne

Tag	Gegenstand	Fertigungslöhne tatsächl Betrag	Planbetrag	vH	Betriebsgemeinkosten tatsächl Betrag	Planbetrag	vH
[illegible]	Bestand	40 000 00	40 000 00	100,0	42 195 44	42 195 44	[illegible]
31. 1.	Zugang im Monat	10 850 00	10 450 00		13 773 49	10 389 07	
	Summe der Zugänge	50 850 00	50 450 00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	100 00	100 00		105 49	105 [illegible]	
	[illegible]	[illegible] 0 56	12 272 38	100,8	13 632 10	12 94[illegible]	[illegible]
	Summe der Abgänge	[illegible]	[illegible]		[illegible]	13 051 45	
[illegible]	Bestand	38 379 44	38 0[illegible] 62	100,8	41 631 39	[illegible]	[illegible]

X

(45)

(44) Aufrechnung der Fehlarbeit-Meldungen Vordruck T, Abb. 4

(48) Aus Kosten im Versand Vordruck V, Abb 4

Gewinnvergleich
Ausrechnungsblatt — Januar 1927

A	Sollumsatz	68 700	00
B	tatsächlicher Umsatz	68 100	00
C	" " Planwert	[illegible]	[illegible]
D	C−A Abweichung aus Umsatzmenge	[illegible]	[illegible]
E	Soll-Rohgewinn vH des Soll-Umsatzes $\frac{19211,63}{68700}$	27,9645	vH
F	Plan-Herstellkosten des tatsächlichen Umsatzes	48 964	65
G	tatsächliche Herstellkosten d. tatsächl. Umsatzes	49 829	72
H	Soll-Vertriebs- und Verwaltungsgemeinkosten	15 740	22
I	tatsächliche Vertriebs- u. Verwaltungsgemeinkost.	15 900	00
J	Plan-Herstellkosten vH des Soll-Umsatzes $\frac{49488,37}{68700}$	72,0355	vH
K	C×J Plan-Herstellkosten für tatsächlichen Umsatz-Planwert	48 955	31
	Soll-Reingewinn im Monat	[illegible]	[illegible]
	Ist " " "	[illegible]	[illegible]
	Gewinn-Abweichung	[illegible]	[illegible]
	Zergliederung der Gewinn-Abweichung nach Ursachen		
	D×E Umsatz-Mengenabweichung	*206	94
	B−C " -Preisabweichungen	140	00
	K−F " -Typenverschiebung	*9	34
	G−F Herstellkosten-Abweichung	[illegible]	[illegible]
	H−I Vertriebs- und Verwaltungskosten-Abweichung	[illegible]	[illegible]
	Gewinnabweichung wie oben	[illegible]	[illegible]

Y

(49) (50) (51) (52)

Kosten- und Gewinnvergleich
Januar 1927

Modell	Planverkaufspreis	Sollumsatz Stück	Wert	Tatsächlicher Umsatz Stück	Planwert	Rechn. Betrag
18 B	[illegible]	35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
45 B	520,00	5	2 600 00	8	4 160 00	4 000 00
Ersatzteile			4 000 00		4 500 00	4 500 00
Summe		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Herstellkosten
Werkstoffkosten
Fertigungslöhne
Betriebsgemeinkosten
Rohgewinn
Vertriebs- und Verwaltungsgemeinkosten
Ist-Reingewinn im Monat
Soll-Reingewinn
[illegible]

Umsatz-Mengenabweichungen	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Umsatz-Preisabweichungen	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Umsatz-Typenverschiebung	*9 34	Mehrverbrauch	[illegible]
Herstellkosten-Abweichungen	*865 07	Fehlarbeit	[illegible]
Vertriebs- und Verwaltungs-Kostenabweichung	[illegible]	Gesamt	[illegible]
Gewinnabweichung wie oben	[illegible]	Fertigungslöhne	[illegible]
		Stücklohnzuschlag	[illegible]
		Gesamt	[illegible]
Übertrag vom Vormonat	[illegible]	Betriebsgemeinkosten	
laufender Monat	[illegible]	Abweichungen aus Beschäftigungsgrad	[illegible]
Gesamt	[illegible]		
Verbrauch für Umsatz wie oben	[illegible]	Betriebsführung	[illegible]
Verbrauch für Ausnahmezwecke	[illegible]	Gesamt	[illegible]
in den Beständen am Monatsende	[illegible]	Reine Kostenabweichung	[illegible]

Gesamt Kostenvergleich

	tatsächl Kosten	Plan-Kosten	Abweichung
Werkstoff	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Fertigungslöhne	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Betriebsgemeinkosten	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Gesamt	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Z

A1

Gesamt-Umsatz-Plan

Monat	Soll-Umsatz	Herstellkosten Werkstoff	Fertig-Löhne	Betriebs-gemeinkost.	Gesamt	Soll Rohgewinn	Vertriebs- u. Verwaltungs-gemeink.	Soll Reingewinn
Jan.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	49 488	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Febr.	74 840	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
März	66 350	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
April	97 030	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Mai	[illegible] 1 400	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	20 219 65	10 240 63	10 802 29	41 262 [illegible]	18 847 [illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible] 7 00	28 961 34	14 989 54	15 812 75	59 763 3	27 856 87	[illegible]	[illegible]
Summe	[illegible] 00	345 330 52	175 432 94	185 06[illegible] 70	705 825 16	309 009 34	[illegible]	[illegible] 523 32

(54) Aus Lohnkontroll-Bericht Vordruck P, Abb. 3

(53) Aus Werkstoff-Verrechnungskonto Vordruck U, Abb. 4

* bedeutet Eintragungen in roter Tinte (+ gegen Planwert, Gewinn- [illegible])

Zeidler: Betriebsüberwachung durch Plankostenrechnung

Abb. 6. Ermittlung und Verwendung der Platzkosten in der Haushaltplanrechnung

Einzelplan der Betriebsgemeinkosten

1927

Abteilung	Monatl. fällige feste Kosten	Wöchentl. fällige feste Kosten	Mit der Erzeugung veränderl. Kosten	Gesamt
Werkstattabteilung				
Raumkosten				
Betriebsverwaltung				
Summe				

A₀

(55) Siehe Plan-Gemeinkostentafel Vordruck B, Abb. 1

(56) (57) (58)

Haushaltplan für Werkstatt-Abteilung 7

Jahr 1927

Kostengruppe	Art	Monatl. oder wöchentl. Kosten	Jährliche Kosten
monatlich fällige feste Kosten	Betriebsleiter	[illegible]	2 4[illegible]
	Meister	[illegible]	3 [illegible]
	Abschreibungen	[illegible]	4 8[illegible]
	Gesamt	8[illegible]	10 3[illegible]
wöchentlich fällige	Werkstattschreiber	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]		1 5[illegible]
Kosten	Löhne		[illegible]
	Hilfs- und Betriebsstoffe		[illegible]
	Elektr. Kraft		[illegible]
	Überstundenzuschläge		[illegible]
	Maschineninstandhaltung		
	Löhne		[illegible]
	sonst. Kosten		[illegible]
	Werkzeuginstandhaltung		
	Löhne		[illegible]
	sonst. Kosten		[illegible]
	Sonstiges, Löhne		[illegible]
	sonst. Kosten		[illegible]
	Gesamt		8 [illegible] 00
	Gesamtbetrag		[illegible]

B₀

Gesamtbetrag wie oben		20 171,60
abzüglich		
Abschreibungen	4800.–	
elektr. Kraft	2000.–	
Masch.-Inst.-haltung	350.–	
Werkzeug-Inst.-haltung	900.–	8050.–
		12 121.60

(63)

Haushaltplan für Betriebsverwaltung

Jahr 1927

Kostengruppe	Art	Monatl. oder wöchentl. Kosten	Jährliche Kosten
monatlich fällige feste Kosten	Direktion	500,00	6 000,00
	Einkäufer	250,00	3 000,00
	Bürobedarf	100,00	1 200,00
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
wöchentlich fällige feste Kosten	Direkt.-Sekretär	[illegible]	[illegible]
	Kostenbeamter	[illegible]	[illegible]
	Lagerverwalter	79,20	4 118,40
	Pförtner	41,60	2 163,20
	Gesamt	190,80	9 921,60
	Gesamtbetrag		20 121,60

C₀

(61)

Haushaltplan für Raumkosten

Jahr 1927

Kostengruppe	Art	Monatl. oder wöchentl. Kosten	Jährliche Kosten
monatlich fällige feste Kosten	Abschreibungen auf		
	Gebäude	200,00	2 400,00
	Reinigungsgeräte	20,00	240,00
	Gesamt	220,00	2 640,00
wöchentlich fällige feste Kosten	Handwerker	35,20	1 830,40
	Reinigungsdienst	30,80	1 601,60
	Wächter	25,00	1 300,00
	Gesamt	91,00	4 732,00
	Gesamtbetrag		7 372,00

D₀

Raum-, Verwaltungs- und Abteilung-kosten-Umlegung

Jahr 1927

Abteilung	Raumkosten: Grundfläche	Raumkosten: jährl. Kosten	Betriebsverwaltung: Maschinenstunden	Betriebsverwaltung: jährl. Kosten	Abteilungskosten	Summe Verwaltungs- und Abteilungskosten: jährlich	Summe Verwaltungs- und Abteilungskosten: je Maschinenstunde
Werkstattabteilung 7	3 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,4[illegible]
" 2							
" 3							
" 4							
" 5							
" 6							
" 7							
" 8							
" 9							
" 10							
Gesamt	[illegible] 573	7372,00	340[illegible]	[illegible]			

E₀

(59) (60) (62) (64) (65) (66)

Platzkosten-Liste

Werkstattabteilung 7

Masch.-Nr.	Soll-Masch.-Stunden jährlich	Abschreibungswerte: Ausgangswert	Abschreibungswerte: Abschr.-Satz	[illegible]	Abschreibung: jährlich	Abschreibung: je Maschinenstunde	Raumkosten: jährlich	Raumkosten: je Maschinenstunde	Kraftverbrauch: KW	Kraftverbrauch: jährlich	Kraftverbrauch: je Maschinenstunde	Instandhaltung: jährlich	Instandhaltung: je Maschinenstunde	Werkzeugverbrauch: jährlich	Werkzeugverbrauch: je Maschinenstunde	Verwaltung: jährlich	Verwaltung: je Maschinenstunde	Gesamt: jährlich	Gesamt: je Maschinenstunde
101	1800	2000,00	10 vH	90	200,00	0,1111	27,00	0,015	5	360,00	0,2	75,00	0,0417	100,00	0,0555	833,76	0,4632	1595,76	0,8865
102	1[illegible]00																do.		
103	1300																do.		
usw.																			
Summe	30 000			3001	4800,00		400,00			2000,00		350,00		300,00		13597,04		22847,04	

F₀

Maschinenausnutzung und -betriebskosten

Werkstattabteilung 7 — Monat Januar 1927

Masch.-Nr.	Plan-Masch.-Stunden	Ist-Masch.-Stunden	Benutzungsgrad vH	Plan-Leistungswert in Stunden	Leistungsgrad vH	Gesamt-Ausnutzungsgrad vH	Abschreibung: je Maschinenstunde	Abschreibung: Betrag	Raumkosten: je Maschinenstunde	Raumkosten: Betrag	Kraftverbrauch: je Maschinenstunde	Kraftverbrauch: Betrag	Instandhaltung: je Maschinenstunde	Instandhaltung: Betrag	Werkzeugverbrauch: je Maschinenstunde	Werkzeugverbrauch: Betrag	Verwaltung: je Maschinenstunde	Verwaltung: Betrag	Gesamt: je Maschinenstunde	Gesamt: Betrag
[illegible]	62	150	92,6	140	93,3	86,4	0,1111	15,55	0,015	2,10	0,2	28,00	0,0417	5,84	0,0555	7,77	0,4632	64,85	0,8865	124,11
[illegible]	53	170	111,1	165	97,1	1[illegible]8														
[illegible]	71	180	105,3	185	102,8	108,2														
usw.																				
Summe	300	2600	96,3	2500	96,2	92,6		370,00		75,00		160,00		30,00		70,00		1159,00		[illegible]

G₀

(67) (68) (69) (70)

Stammnr. [illegible]	Std.-Lohn 0,52																				
Teil Nr.	Arbeitsgang Nr.	Maschine Nr.	Stückzahl	Plan-Stunden: je 100	Plan-Stunden: Gesamt	Zeitlohn Fertigung: Planlohn	Zeitlohn Fertigung: Betrag	Zeile Nr.	Stücklohn: Satz	Stücklohn: Betrag	Anfangszeit	Zeitverbrauch	Zeitl. stund.: Fertigung	Zeitl. stund.: Hilfslöhne	Hilfslöhne: Konto	Hilfslöhne: Betrag
								10								
								9								
								8								
								7								
								6								
								5			[illegible]					
[illegible]	[illegible]		[illegible]					4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				
								3			[illegible]	[illegible]		[illegible]	3	0,52
[illegible]	3		[illegible]	3,3	7,[illegible]	[illegible]	[illegible]	2			5	[illegible]				
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4[illegible]			1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5				
Ges.																

Zeile Nr.	Art der Arbeit	Lohnberechnung

H₀

Aufstellung der Abteilungs- und Betriebsverwaltungs-Kosten

Januar 1927

Abteilung	Plan-Leistungswert in Stunden	Abteilungskosten: je Maschinenstunde	Abteilungskosten: Betrag	Betriebsverwaltungskost. 0,0592 je Maschinenstunde	Verwaltung Gesamt: je Maschinenstunde	Verwaltung Gesamt: Betrag
1	[illegible]500	0,4[illegible]4	[illegible]0,00	148,00	0,46[illegible]	1[illegible]59,30
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Summe	[illegible]030			1067,38		

J₀

Betriebs-Gemeinkosten-Abweichungen

Werkst.-Abt. 7 — Januar 1927

Kostengruppe	Art	Tatsächl. monatl. Kosten	Haushaltplan Monatswert	Ist-Erzeugung Monats-Planwerte	Reine Kostenabweichung	Anteilige Abweichung: Betriebsführung	Anteilige Abweichung: Beschäftigungsgrad
monatlich fällige	Betriebsleiter	200,00	200,00	195,51	* 4,49		
feste Kosten	Meister	130,00	260,00	254,76	124,76	130,00	
	Abschreibungen	400,00	400,00	370,00	* 30,00		
	Gesamt	730,00	860,00	819,67	89,67	130,00	* 40,33
wöchentlich fällige feste Kosten	Werkstattschreiber	80,00	123,20	120,43	40,43	43,20	* 2,77
mit der Erzeugung veränderliche Kosten	Fehlarbeit	180,00	135,00	131,97	* 48,03		
	Ausbesserungslöhne	40,00	36,00	35,19	* 4,81		
	" sonst. Kosten	38,00	36,00	35,19	* 2,81		
	Hilfs- u. Betriebsstoffe	150,00	180,00	175,96	25,96		
	Elektr. Kraft	170,00	180,00	160,00	* 10,00		
	Überstundenzuschläge	12,00	9,00	8,80	* 3,20		
	Maschinen-Instandhaltg.						
	Löhne	36,00	18,00	17,00	* 19,00		
	sonst. Kosten	42,00	13,50	13,00	* 29,00		
	Werkz.-Instandhaltung						
	Löhne	65,00	36,00	31,00	* 34,00		
	sonst. Kosten	35,00	45,00	39,00	4,00		
	Sonstiges						
	Löhne	–	18,00	17,60	17,60		
	sonst. Kosten	20,00	36,00	35,19	15,19		
	Gesamt	[illegible]88,00	[illegible]42,50	699,90	* 88,10	* 88,10	
	Gesamtbetrag	1598,00	1725,70	1640,00	42,00	85,10	* 43,10

I₀

(71)

Betriebs-Verwaltungs-Kosten-Abweichungen

Januar 1927

Kostengruppe	Art	Tatsächl. monatl. Kosten	Haushaltplan Monatswerte	Ist-Erzeugung Monats-Planwerte	Reine Kostenabweichung	Anteilige Abweichung: Betriebsführung	Anteilige Abweichung: Beschäftigungsgrad
monatlich fällige	Direktion	500,00	500,00				
feste Kosten	Einkäufer	250,00	250,00				
	Bürobedarf	130,00	100,00			* 30,00	
	Gesamt	880,00	850,00	562,41	* 317,59	* 30,00	* 287,[illegible]
wöchentlich fällig.	Direkt.-Sekret.	100,00	120,00			20,00	
feste Kosten	Kostenbeamter	150,00	160,00			10,00	
	Lagerverwalter	237,60	316,80			79,20	
	Pförtner	166,40	166,40				
	Gesamt	654,00	763,20	504,97	* 149,03	109,20	* 258,23
	Gesamtbetrag	1534,00	1630,20	1067,38	* 466,62	79,20	* 545,82

K₀

(72)

Plankostenrechnung

in der Haushaltplanrechnung

Maschinenausnutzung und -betriebskosten

Werkstattabteilung 7 — Monat Januar 1927

Maschinen-Ausnutzung						Aufteilung der Betriebskosten													
lan-sch.-nden	Ist-Masch.-Stunden	Benutzungsgrad vH	Planleistungswert in Stunden	Leistungsgrad vH	Gesamt-Ausnutzungsgd. vH	Abschreibung		Raumkosten		Kraftverbrauch		Instandhaltung		Werkzeugverbrauch		Verwaltung		Gesamt	
						je Maschinenstunde	Betrag	je Maschinenstunde	Betrag	je Maschinenstunde	Betrag	je Maschinenstunde	Betrag	je Maschinenstunde	Betrag	je Maschinenstunde	Betrag	je Maschinenstunde	Betrag
62	150	92,6	140	93,3	86,4	0,1111	15 55	0,015	2 10	0,2	28 00	0,0417	5 84	0,0555	7 77	0,4632	64 85	0,8865	124 11
53	170	111,1	165	97,1	107,8														
77	180	105,3	185	102,8	108,2														
100	2600	96,3	2500	96,2	92,6		370 00		72 00		160 00		30 00		70 00		1158 00		1860 00

G_0

(67) (68) (69)

Std.-Lohn 0,52														
Plan stunden		Zeitlohn Fertigung		Zeile Nr	Stucklohn		Anfangszeit	Zeitverbrauch	Zeitl.-stund.		Hilfslöhne	
je 100	Gesamt	Planlohn	Betrag		Satz	Betrag			Fertigung	Hilfslöhne	Konto	Betrag
				10								
				9								
				8								
				7								
				6								
				5			12,0					
				4	0,03	1 50	8,0	4,0				
				3			7,0	1,0		1,0	3	0 52
3,0	1,5	0 50	0 75	2			5,0	2,0				
20,0	4,0			1	0,115	2 30	0,0	5,0				

…t der Arbeit — Lohnberechnung

H_0

Betriebs-Gemeinkosten-Abweichungen

Werkst.-Abt. 7 — Januar 1927

Kostengruppe	Art	Tatsächl. monatl. Kosten	Haushaltplan Monatswerte	Ist-Erzeugung Monats-Planwerte	Reine Kostenabweichung	Anteilige Abweichung: Betriebsführung	Anteilige Abweichung: Beschäftigungsgrad
monatlich fällig.	Betriebsleiter	200 00	200 00	195 51	* 4 49		
feste Kosten	Meister	130 00	260 00	254 76	124 16	130 00	
	Abschreibungen	400 00	400 00	370 00	* 30 00		
	Gesamt	730 00	860 00	819 67	89 67	130 00	* 40 33
wöchentlich fällig	Werkstattschreiber	80 00	123 20	120 43	40 43	43 20	* 2 77
feste Kosten							
mit der Erzeugung	Fehlarbeit	180 00	135 00	131 97	* 48 03		
veränderliche	Ausbesserungslöhne	40 00	36 00	35 19	* 4 81		
Kosten	" sonst. Kosten	38 00	36 00	35 19	* 2 81		
	Hilfs- u. Betriebsstoffe	150 00	180 00	175 96	25 96		
	Elektr. Kraft	170 00	180 00	160 00	* 10 00		
	Überstundenzuschläge	12 00	9 00	8 80	* 3 20		
	Maschinen-Instandhaltg.						
	Löhne	36 00	18 00	17 00	* 19 00		
	sonst. Kosten	42 00	13 50	13 00	* 29 00		
	Werkz.-Instandhaltung						
	Löhne	65 00	36 00	31 00	* 34 00		
	sonst. Kosten	35 00	45 00	39 00	4 00		
	Sonstiges						
	Löhne	– –	18 00	17 60	17 60		
	sonst. Kosten	20 00	36 00	35 19	15 19		
	Gesamt	788 00	742 50	699 90	* 88 10	* 88 10	
	Gesamtbetrag	1598 00	1725 70	1640 00	42 00	85 10	* 43 70

I_0

(71)

…stellung der Abteilungs- und Betriebsverwaltungs-Kosten

Januar 1927

Planleistungswert Stunden	Abteilungskosten: je Maschinenstunde	Abteilungskosten: Betrag	Betriebsverwaltungskost. 0,0592 je Maschinenstunde	Verwaltung Gesamt: je Maschinenstunde	Verwaltung Gesamt: Betrag
2500	0,404	1010 00	148 00	0,4632	1158 00
18030			1067 38		

J_0

Betriebs-Verwaltungs-Kosten-Abweichungen

Januar 1927

Kostengruppe	Art	Tatsächl. monatl. Kosten	Haushaltplan Monatswerte	Ist-Erzeugung Monats-Planwerte	Reine Kostenabweichung	Anteilige Abweichung: Betriebsführung	Anteilige Abweichung: Beschäftigungsgrad
monatlich fällige	Direktion	500 00	500 00				
feste Kosten	Einkäufer	250 00	250 00				
	Bürobedarf	130 00	100 00			* 30 00	
	Gesamt	880 00	850 00	562 41	* 317 59	* 30 00	* 287 59
wöchentlich fällig.	Direkt.-Sekret.	100 00	120 00			20 00	
feste Kosten	Kostenbeamter	150 00	160 00			10 00	
	Lagerverwalter	237 60	316 80			79 20	
	Pförtner	166 40	166 40				
	Gesamt	654 00	763 20	504 97	* 149 03	109 20	* 258 23
	Gesamtbetrag	1534 00	1630 20	1067 38	* 466 62	79 20	* 545 82

K_0

(72)

ebenso für reine Handelsgeschäfte. Das hier gezeigte Beispiel benutzte einen einheitlichen Betriebskostensatz für alle Erzeugnisse, nachdem Prüfung und Erfahrung seine Zulässigkeit erwiesen hatten. Es ist aber oft nötig, die Betriebsgemeinkosten abteilungsweise oder sogar als Platzkosten zu verrechnen, damit die Rechnung nicht zu ungenau wird. Das tritt dann ein, wenn die verschiedenen Erzeugnisse die Betriebsmittel in ganz unterschiedlichem Maße in Anspruch nehmen. Leider ist es unvermeidlich, daß diese verfeinerte Rechnung erheblich umständlicher wird und die Kosten der ganzen Rechnungslegung erhöht.

In Abb. 6, Taf. 8, sind für das Rechnungsbeispiel nach Abb. 1 bis 5 die Einzelheiten einer Platzkostenrechnung zusammengestellt. Während bei einem einheitlichen Betriebs-Gemeinkostensatze vorher die Gemeinkosten je fertiggestellte Maschine in einem Posten verrechnet werden konnten, muß bei der Platzkostenrechnung für jeden Arbeitsgang, jeden Fertigungsteil oder jede Baugruppe die Plan-Maschinenzeit ermittelt werden, damit man hiernach mittels der Platzkosten-Planzahlen jeder Maschine die Betriebsgemeinkosten für den betreffenden Fertigungsvorgang erhält. Hier liegt der Grund für die große Vermehrung der Rechenarbeit bei dem Platzkostenverfahren. Bei der Berechnung der Fertigungslöhne nach Abb. 3, Taf. 6 war es nicht nötig, in den Zeitstempelkarten die Zeit für jede Stücklohnarbeit festzustellen; für die Platzkostenrechnung muß man aber die auf jeder Maschine für die Fertigung verbrauchte Zeit kennen, man muß also in der Zeitstempelkarte auch für die Stücklohnarbeit den Zeitverbrauch feststellen und die Fertigungskosten nach Plan-Maschinenstunden bewerten. Die entsprechend abgeänderte Zeitkarte ist teilweise in Vordruck H_0, Abb. 6, wiedergegeben.

Im Einzelplan der Betriebsgemeinkosten, Vordruck A_0, ist die Plan-Gemeinkostentafel, Vordruck B, Abb. 1, Taf. 6, nach den einzelnen Werkstattabteilungen und den Hilfskostenstellen „Raumkosten" und „Betriebsverwaltung" aufgelöst, Linie 55. Die Kostenzahlen hierfür ergeben sich aus den entsprechenden Teilhaushaltplänen, Vordrucke B_0, C_0 und D_0, nach den Linien 56, 57 und 58. Vordruck B_0 zeigt einen dieser Teilhaushaltpläne für die Werkstattabteilungen (Werkstattabteilung 1). Die Plankostenbeträge für elektrische Kraft, Maschinen- und Werkzeug-Instandhaltung werden gemäß Linie 65 der für die einzelnen Maschinen in der „Platzkostenliste", Vordruck F_0, geschaffenen Aufstellung entnommen. Im „Haushaltplan für Betriebsverwaltung", Vordruck C_0, werden diejenigen Planausgaben allgemeiner Art zusammengestellt, die nicht unmittelbar einer Werkstattabteilung belastet werden können. Ihr Gesamtbetrag wird auf die Abteilungen im Verhältnis der ihnen zugehörigen geschätzten Maschinenstunden umgelegt, Linie 61. Ebenso werden im Vordruck D_0, „Haushaltplan für Raumkosten", alle die Plankosten gesammelt, die den einzelnen Werkstattabteilungen im Verhältnis des beanspruchten Raumes oder der Grundfläche zugeteilt werden können, Linie 62. Für diese Verteilung dient der Vordruck E_0 „Raum-, Verwaltungs- und Abteilungskosten-Umlegung". Die als Grundlage der Umlegung dienenden Grundflächen und Maschinenstunden sind zuvor in Vordruck F_0 abteilungsweise berechnet worden und werden gemäß Linie 59 und 60 hierher übertragen. Für die „Platzkostenliste", Vordruck F_0, müssen noch gemäß Linie 63 aus den Abteilungs-Haushaltplänen, Vordruck B_0, die laut Zwischenrechnung gekürzten Gesamtbeträge in den Vordruck E_0 übertragen und die Summen aus ihnen und den Kosten der Betriebsverwaltung gebildet werden, die dann schließlich auf eine Maschinenstunde umgerechnet und gemäß Linie 64 in den Vordruck F_0 übertragen werden.

Diese „Platzkostenlisten", Vordruck F_0, werden abteilungsweise aufgestellt mit Aufzählung aller zu einer Werkstattabteilung gehörenden Maschinen. Bei Festlegung der jährlichen Sollstunden (für die reine Fertigung, nicht die allgemeine „Arbeitszeit") ist die monatlich veränderliche Sollerzeugung zu berücksichtigen. Ausgangswert für die Abschreibung ist der Anschaffungs- oder Buchwert usw., je nach dem benutzten Abschreibungsverfahren. Die senkrechten Spaltensummen ergeben die in den Haushaltplänen für die Werkstattabteilungen, Vordrucke B_0, gebrauchten Zahlenwerte, während in den Zeilen-Gesamtbeträgen die Platzkosten für jede Maschine erscheinen.

Die folgenden Vordrucke zeigen nun die Verwendung der ermittelten Platzkosten; eine monatliche Übersicht der „Maschinenausnutzung und -betriebskosten" für jede Werkstattabteilung und jede Maschine, Vordruck G_0, liefert einen wertvollen Einblick in den wirtschaftlichen Wirkungsgrad der Betriebsanlagen. In der zweiten Spalte „Planmaschinenstunden" dieser Übersicht steht der monatliche Anteil der jährlichen Sollstunden (der monatlich wechselnden Soll-Erzeugung entsprechend, vergl. Bemerkungen zu Vordruck F_0); er ist davon abhängig, wie stark jede Maschine benutzt wird, da z. B. eine an sich sehr notwendige Sondermaschine u. U. nur wenige Stunden im Monat wirklich gebraucht werden kann. Die entsprechenden „Ist-Maschinenstunden", Spalte 3, ergeben sich aus den Zeitkarten der Lohnverrechnung, von denen Vordruck H_0 den in Betracht kommenden Teil und Linie 68 die Übertragung wiedergibt. Das Verhältnis der „Ist"- zu den „Planmaschinenstunden" ist der in Spalte 4 erscheinende „Benutzungsgrad" der Maschinen, d. h. der auf jede Maschine entfallende Einfluß des allgemeinen Beschäftigungsgrades. Der in Spalte 5 erscheinende „Planleistungswert" stellt die tatsächliche Fertigung, in Planmaschinenstunden ausgedrückt, dar; diese Zahl ergibt sich aus der monatlichen Aufrechnung aller Zeitkarten gemäß Linie 67. Der in Vordruck H_0 enthaltene Planleistungswert von 4,0 Stunden findet sich z. B. folgendermaßen:

Planmaschinenstunden für Arbeitgang 1 bei
100 Teilen Nr. 103 . . . . 20 Stunden
tatsächliche Fertigungsmenge . . . . 20 Stück
Planmaschinenstunden dafür (Planleistungswert) . . . $\frac{20 \times 20}{100} = 4$ Stunden

Aus dem Vergleiche der Planleistungswerte und der „Ist"-Maschinenstunden folgt in der nächsten Spalte der „Leistungsgrad" als Maßstab des fertigungstechnischen Wirkungsgrades der Maschinen und schließlich als Verhältnis der Planleistungswerte zu den Planmaschinenstunden der „gesamte Ausnutzungsgrad" in Spalte 7. Die folgende „Aufteilung der Betriebskosten" zeigt die Kostenanteile der Platzkosten (Werte je Maschinenstunde aus Vordruck F_0, Linie 66, für die Planleistungswertstunden umgerechnet).

Vordruck I_0 „Betriebs-Gemeinkostenabweichungen, Werkstattabteilung 1" unterscheidet sich von Vordruck W, Abb. 5, nur dadurch, daß dort die Aufstellung für den Gesamtbetrieb, hier für jede Abteilung getrennt gemacht wird. Die „tatsächlichen" Kosten des Monats Januar 1927 werden wieder unmittelbar nach Belegen usw., die Werte der Spalte „Haushaltplan, Monatswerte" auf Grund der Abteilungshaushaltpläne, Vordruck B_0 in Abb. 6, unter Berücksichtigung der monatlichen Sollerzeugung eingesetzt. Von den Werten in der nächsten Spalte „Ist"-Erzeugung, Monatsplanwerte" werden die für Abschreibungen, Kraftverbrauch, Maschineninstandhaltung und Werkzeugverbrauch unmittelbar nach Linie 69 von den Spaltensummen aus Vordruck G_0 übernommen; aus der dort stehenden Summe für die Verwaltungskosten muß jedoch erst der reine Abteilungskostenanteil herausgelöst werden. Das geschieht in Vordruck J_0 „Aufstellung der Abteilungs- und Betriebsverwaltungskosten". Die Planleistungswertstunden werden nach Linie 70 aus Vordruck G_0 übernommen, aus ihnen und den Planstundensätzen von 0,4040 für die Abteilungskosten und 0,4632 für die der Betriebsverwaltung ergeben sich abteilungsweise die anteiligen Beträge, also 1010,— und 148,—. (Die benutzten Planstundensätze ergeben sich aus den betreffenden Planzahlen des Vordrucks E_0: 12 121,60 : 30 000 = 0,4040 und 1775,44 : 30 000 = 0,0592.) Die Abteilungskosten von 1010,— werden nun gemäß Linie 71 in den Vordruck I_0 übernommen und in Spalte „Ist-Erzeugung, Monatsplanwerte" auf die restlichen Posten aufgeteilt, und zwar in demselben Verhältnisse zu den entsprechenden „Haushaltplan-Monatswerten", in dem 1010,— zu der Summe dieser Haushaltplankosten steht, also 1010,— : 1033,20 = 0,97 755. Die weitere Rechnung in den Spalten „Reine Kostenabweichung" und „Anteilige Abweichung" entspricht der bei Vordruck W in Abb. 5 beschriebenen; ebenso ergeben sich in Vordruck K_0

die „Betriebsverwaltungskosten-Abweichungen“ für den ganzen Betrieb, also die Mehr- oder Minderkosten derjenigen Verwaltungskostenanteile der einzelnen Abteilungen, die vorher im Vordruck J_0 zur Gewinnung der Abteilungs-(Verwaltungs-)Kosten abgeschieden worden waren. Als Summe aller Abteilungskosten erscheinen die Betriebsverwaltungskosten in Vordruck J_0; sie werden gemäß Linie 72 in den Vordruck K_0 übertragen und wieder dort nach ihrem Verhältnisse zu den entsprechenden Haushaltplansummen (monatlich und wöchentlich fällige feste Kosten) verteilt.

Im ganzen gibt jedenfalls die Einführung von Platzkosten in die Plankostenrechnung wesentlich tiefere Einblicke in die Einzelheiten der Wirtschaftlichkeit des ganzen Betriebes bis zur einzelnen Maschine herunter, die u. U. die erforderliche Mehrarbeit wohl rechtfertigen. Als Mittelweg zwischen einem einheitlichen Betriebs-Gemeinkostensatze und den Platzkosten bietet sich die Rechnung mit Abteilungs-Gemeinkostensätzen, die in vielen Fällen als Verfeinerung der Verwendung eines Einheitsatzes ausreichen wird. Dann müssen auch die Fertigungslöhne abteilungsweise verrechnet werden, dagegen ist die Ermittlung des Zeitverbrauchs für Stücklohnarbeit nicht wie bei der Platzkostenrechnung erforderlich.

Schluß

Die immer wachsende Hast unserer industriellen Tätigkeit erfordert andere Maßnahmen als bisher, damit man die Wirtschaftlichkeit und den Erfolg unserer Unternehmen rasch und genau überblicken und sichere geschäftliche Entschlüsse danach fassen kann. Haushaltplan- und Plankostenrechnung bieten diese Einblicke; sie stellen Wegweiser und Warnungszeichen auf für die Lenker im geschäftlichen Wettrennen unserer Tage, wo die durch wissenschaftliche Betriebsführung gesteigerte Erzeugungsfähigkeit schon die Aufnahmefähigkeit des Marktes zu übersteigen beginnt. Daneben wird die Plankosten- und Haushaltplanrechnung eine wachsende Bedeutung für die Finanzierung und den Kredit der Betriebe gewinnen: vielleicht ist die Zeit nicht fern, wo jeder Bankdirektor erst eine ausführliche Planerfolgsrechnung mit Gewinn- und Verlustplan des kommenden Jahres und monatliche Nachweise der tatsächlichen Abweichungen vom Haushaltplan verlangt, ehe er einer Firma Darlehen gibt.

Die Erfahrung hat die weitreichenden Wirkungen einer sorgfältig aufgebauten Plankostenrechnung auf die Steigerung des Erfolgs erwiesen. Ein Haushaltplan gibt jedem Geschäft neue Antriebe; indem er ganz klar erkennbare Ziele steckt und das Erreichte ständig dagegen stellt, bringt er den Geist sportlichen Wettbewerbs in die Berufsarbeit hinein. Man darf aber nicht vergessen, daß ein Haushaltplan nur dann zum Erfolge führt, wenn er mit aller Umsicht aufgestellt ist, wenn jedem auch die Möglichkeit gezeigt werden kann, die Ziele wirklich zu erreichen. Wenn der Plan nicht auf Grund sorgfältiger Beobachtung der Entwicklungsmöglichkeiten des Marktes und des Betriebes aufgestellt ist, kann er mehr Schaden als Nutzen stiften, zerstört er Vertrauen und Arbeitslust, wird er Ursache zu Spott und Mißvergnügen. Markt- und Konjunkturbeobachtung müssen also zugleich planmäßig gepflegt werden, wenn man an eine Einführung der Haushaltplanrechnung denkt, und ebenso muß die betriebstechnische Entwicklung durchaus auf der Höhe sein. Es ist auch nicht zweckmäßig, die Zahlen des Haushaltplans und die Plankosten kritiklos als Verhältniszahlen aus vergangenen Rechnungsergebnissen zu ermitteln, sondern man muß dabei, von jeder Einzelheit ausgehend, stufenweise und unter genauer Überlegung der Betriebs- und Absatzverhältnisse aufbauen. Erst dann hat die Zergliederung der Abweichungen in alle Einzelheiten — wie es in dem vorstehenden Beispiele gezeigt wurde — einen Sinn. Haushaltplan und Plankosten können, verzerrt, Hindernisse, oder sie können größte Förderer geschäftlichen Erfolgs sein; alles hängt davon ab, wie sie ein- und durchgeführt werden.

[B 1557]

Basische Siemens-Martin-Öfen in Amerika

Der erste basische Siemens-Martin-Stahl wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika wahrscheinlich in den Bay State Iron Works, South Boston, im Jahre 1869 in einem Ofen von gebranntem Dolomit hergestellt. Das Verfahren wurde aber erst im Jahre 1888 von den Homestead Works von Carnegie, Phipps & Co., in größerem Umfang technisch durchgeführt. Im Jahre 1900 wurden in Amerika 2 545 091 t basischer, und 853 044 t saurer Siemens-Martin-Stahl, sowie 6 684 770 t Bessemerstahl erzeugt, im Jahr 1927 waren es 37 144 268 t basischer, 924 067 saurer und 6 191 727 t Bessemerstahl; es wurden also im Jahr 1900 24,9 vH, im Jahr 1927 dagegen 82,7 vH der ganzen Stahlerzeugung in den Vereinigten Staaten von Amerika im basischen Siemens-Martin-Ofen erzeugt[1]).

Die Überlegenheit des basischen Siemens-Martin-Verfahrens in den Vereinigten Staaten von Amerika liegt in der Möglichkeit, Rohstoffe, deren chemische Zusammensetzung besonders im Phosphorgehalt in weiten Grenzen schwankt, zu verarbeiten; die Erschöpfung der meisten Erzlagerstätten mit niedrigem Phosphorgehalt hat dieses Verfahren notwendig gemacht. Weiter können beim Siemens-Martin-Betrieb große Mengen Schrot verarbeitet werden, wenn auch der durchschnittliche Schrotzusatz 40 bis 50 vH beträgt, so sind höhere Schrotzusätze ohne weiteres möglich.

Am meisten verbreitet ist in den Vereinigten Staaten von Amerika der feststehende Ofen; die Größe des Fassungsraumes bewegt sich in weiten Grenzen von ½ t bis zu 250 t. Am häufigsten ist der 100 t-Ofen zu finden, der als Normalgröße gelten kann. Der kippbare oder rollbare Talbotofen wird in Größen bis zu 300 t gebaut. Ein solcher Ofen in Pittsburgh gibt gewöhnlich drei Schmelzen von je 100 t, die so rasch aufeinander folgen, wie die Pfannen zum Ofen gebracht werden können.

Im Siemens-Martin-Ofen kann man fast alle Stahlsorten vom weichsten Flußstahl mit 0,08 vH C und darunter bis hinauf zu 1,4 vH C-Gehalt und höher und die meisten legierten Stähle erzeugen. Von den zur Beheizung verwendeten Brennstoffen ist das Generatorgas am häufigsten vertreten. Im Jahr 1926 arbeitete man mit folgenden Brennstoffarten und -mengen: Generatorgas 40,6 vH, Koksofengas und Teer 18,7 vH, Koksofengas und Naturgas 13,1 vH, Teer allein 10,6 vH, Koksofengas, Teer, Naturgas und Öl, 6,2 vH. Koksofengas, Teer und Öl 3,9 vH, Koksofengas allein 3,8 vH, Öl allein 2,7 vH, Naturgas allein 2,7 vH, Teer und Öl 0,7 vH.

Um die Überlegenheit des basischen Siemens-Martin-Ofens aufrecht zu erhalten, müssen die Gewinnungskosten so niedrig wie möglich gehalten werden; dazu ist es notwendig, alle Einzelheiten des Betriebes und der Ofenkonstruktionen aufs genaueste zu überwachen. Der Brennstofffrage wird größte Beachtung geschenkt. Man geht jetzt dazu über, die Koksöfen mit Hochofengas zu beheizen, um das wertvollere Koksofengas für Beheizungszwecke frei zu bekommen und da die Verwendung von Koksofengas auch die Ofenkonstruktion vereinfacht. Baut man einen Ofen um, so werden Änderungen zur Verbesserung des Wirkungsgrades, zur Verkürzung der Dauer jeder Hitze, zur Verbesserung der Güte des Stahles und zur Kostenverminderung vorgenommen. Das Bestreben geht heute dahin, den Fassungsraum besonders bei den feststehenden Öfen zu vergrößern, da die Erfahrung gelehrt hat, daß die Güte des Stahls durch die Vergrößerung des Herdraumes nicht leidet.

Dem kippbaren oder rollbaren Siemens-Martin-Ofen sollte mehr Beachtung geschenkt werden, da er trotz höherer Anlagekosten doch manche Vorteile bietet und für besondere Arbeitsverfahren wie das Duplex- und das Talbotverfahren nicht zu entbehren ist. Nach Cort ergibt ein feststehender Ofen mit 60,4 m² Herdfläche, bezogen auf 100 m² Herdfläche, 14 bis 18 t/h Stahl und ein kippbarer Herdofen mit etwa 62,7 m² Herdfläche bezogen auf 100 m² Herdfläche 13 bis 20,5 t/h Stahl. Die Kosten eines feststehenden Herdofens von 100 t Leistung betragen einschließlich Gebäude und Abhitzekessel 1 629 880 RM, diejenigen des kippbaren Ofens gleicher Leistung ebenfalls einschließlich Gebäude und Abhitzekessel 2 018 250 RM und die des kippbaren Ofens für 200 t 2 550 000 RM. [N 1971] Ste.

[1]) „The Blast Furnace and Steel Plant“ Bd. 16 (1928) Nr. 6 S. 766.

Luftkühlung bei Flugmotoren

Versuche über Wärmebeherrschung und Leistungssteigerung in Flugmotorenzylindern mit Luftkühlung

Von Dr.-Ing. F. Goßlau, Charlottenburg

Vorgetragen am 9. Juni 1928 in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen[1])

Es wird über Versuche berichtet, die die Beziehungen zwischen Windgeschwindigkeit, Wandtemperatur, Wärmeabfuhr, Zylinderbauart und Zylinderabmessungen zahlenmäßig klären und damit die Kühlungsfragen der Rechnung zugänglich machen. Dabei wird auch die unter gewissen Voraussetzungen überhaupt erreichbare Zylinderhöchstleistung bestimmbar. — Versuchsanlage. — Kritik verschiedener Zylinderbauarten. — An der Temperaturgrenze ist es zweckmäßiger, den Hub zu verlängern, als die Bohrung zu vergrößern.

Mehr als ein Jahrzehnt war der Reihenmotor mit Wasserkühlung die Regelbauart des deutschen Flugmotorenbaues. Es schien, als sei es nicht ıöglich, seinen Brennstoffverbrauch und seine Liter-ɜistung, seine Lebensdauer und seine Betriebsicherheit ei Luftkühlung zu erreichen oder gar zu übertreffen. n den letzten Jahren hat jedoch der Kampf zwischen ıuft- und Wasserkühlung begonnen[1a]) und man darf heute uhig aussprechen: er hat sich im Gebiete der Leistungen is zu 600 PS zugunsten des Sternmotors mit Luftkühlung ntschieden. Dafür spricht der Umstand, daß heute kaum och ein Motor mit Wasserkühlung für diese Leistungen eu entworfen wird, während fast jeden Monat ein neuer ternmotor mit Luftkühlung erscheint; im In- und Ausınde wenden sich Fabriken mit bestem Namen, die bisher usschließlich Reihenmotoren mit Wasserkühlung her-:ellten, dem Bau von Sternmotoren mit Luftkühlung zu.

Der erste Sternmotor von höherer Leistung mit Luftühlung war der Bristol-Jupiter-Motor, der be-ɜits 1918 entworfen worden ist. Die neuesten Flugzeuge der eutschen Lufthansa A.-G. sind mit diesem Motor, der heute über 500 PS leistet, ausgerüstet. Auch das Dreimotoren-Junkersflugzeug „Hermann Köhl" und der Viermotoren-Superwal haben diese Motoren.

[1]) Den vollständigen Versuchsbericht nebst Literaturübersicht enthalten ɜ Wissenschaftlichen Veröffentlichungen des Siemens-Konzerns Bd. 7 (1928) ɜt 1.

[1a]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1329, Bd. 70 (1926) S. 1672, Z. f. M. Bd. 18 ·27) S. 63.

Abb. 1
Einrichtung zur thermischen Untersuchung luftgekühlter Zylinder.

Abb. 2
Heizvorrichtung für den Zylinderkopf. Elektrisch erwärmtes Ölbad mit Rührwerk und Dunstabzug.

Während sich die mechanischen Beanspruchungen der Kurbelwellen, Pleuelstangen, Kolbenbolzen und Lager selbst für höchste Leistungen vorausberechnen lassen, konnte der Konstrukteur die Frage, ob ein über die erprobten Abmessungen hinausgehender Zylinder mit Luftkühlung sich noch auf einer betriebsbrauchbaren Temperatur halten wird, bisher nicht sicher beantworten, da ihm die zahlenmäßigen Beziehungen zwischen Windgeschwindigkeit, Wandtemperatur, Wärmeabfuhr, Zylinderabmessungen und Zylinderbauart unbekannt waren.

Die Versuchsanlage

Zur Klärung dieser Beziehungen habe ich im Auftrage des Flugmotorenwerkes der Firma Siemens & Halske, A.-G., im Forschungslaboratorium des Konzerns eine Versuchseinrichtung, Abb. 1, geschaffen. Der Versuchszylinder wird dem freien Luftstrom eines Windkanals ausgesetzt. Ein elektrisch erwärmtes Ölbad, das ein Rührer dauernd bewegt, Abb. 2, heizt den Verdichtungsraum des Zylinders. Mit Hilfe von Thermoelementen werden die Wandtemperaturen gemessen. Den Luftstrom erzeugt ein Gebläse von 7 kW Leistung; die Luft strömt durch einen Gleichrichter, einen Diffusor, einen Windkessel mit Beruhigungssieben und eine Düse. Durch Verändern des Heizstromes mit Hilfe von Widerständen und durch Ändern der Windgeschwindigkeit mit Hilfe von Drosselscheiben im Saugstutzen des Gebläses kann man die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit, Wandtemperatur und Wärme voneinander festlegen.

Bei Beginn der Versuche im Jahre 1925 gab es noch viele verschiedene Zylinder-Bauarten. Für unsere Untersuchungen haben wir einige kennzeichnende herausgegriffen, die in Abb. 3 bis 10 wiedergegeben sind. Diese Zylinder wurden in der Versuchseinrichtung als Modelle untersucht und an ihnen die Werte bestimmt, die man für die Ähnlichkeitsgleichung des Wärmeüberganges braucht, um auf Zylinder von größeren Abmessun-

Abb. 4
Zylinderbauart 1918 (Abb. 3). Oben geschlossene Stahllaufbüchse, angegossener Aluminiumrippenmantel. Verdichtungsgrad $\varepsilon = 4{,}7$.

Abb. 6
Abnehmbarer Gußeisenkopf mit Ventilkörben aus einem Stück, Aluminiumrippenmantel (Abb. 5).

Abb. 8
Zylinderbauart 1924 bis 1928. Offene Stahllaufbüchse (Abb. 7). Aufgeschraubter Aluminiumkopf, Ventile nebeneinander. $\varepsilon = 5{,}6$ bis 7.

gen schließen zu können. Die Meßwerte wurden zunächst in Kennlinien aufgetragen, Abb. 11, die hier wie bei manchen anderen Fällen des Wärmeüberganges bei logarithmischer Auftragung Geraden ergeben und eine einfache Extrapolation erlauben. Abb. 12 zeigt die praktisch brauchbare Auswertung der Kennlinien einiger Zylinder

Abb. 10
Versuchszylinder wie Abb. 8, jedoch ohne Kreisringrippen (Abb. 9)

Abb. 3, 5, 7 und 9
Schnitte und Ansichten der untersuchten Zylinder. Dunstabzug.

für 100 mm Dmr. bei bestimmtem Temperaturunterschi zwischen der Zylinderwand und der vorbeiströmend Kühlluft. Die Linien stellen die von 1 m² Zylinder-Inne fläche stündlich für je 1° Temperaturunterschied a

Abb. 11
Zylinder-Kennlinien.
d Zyl.-Dmr. w Luftgeschwindigkeit α Wärmeübergangszahl
λ Wärmeleitzahl ϱ Massendichte η Zähigkeit
1. Zylinder nach Abb. 7 und 8, Rippenhöhe 22 mm
2. desgl. jedoch mit 10 mm Rippenhöhe
3. „ „ „ 2 „ „
4. Zylinder nach Abb. 9 und 10
5. „ „ „ 5 „ 6
6. „ „ „ 3 „ 4

Abb. 12
Spezifische Wärmeabfuhr in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit für $d = 100$ mm Zyl.-Dmr. und 150° Mitteltemperatur zwischen Kühlluft und Wandtemperatur

geführten Wärmemengen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dar. Die unterste gilt für einen Zylinder mit oben geschlossener Stahllaufbüchse, die oberste für den Zylinder mit Aluminiumkopf. Dieser hat also z. B. für 50 m/s Windgeschwindigkeit gegenüber dem früheren Stahlzylinder eine dreimal so große Kühlwirkung.

Kritik der Zylinderbauarten

Die Gründe für die außerordentlich hohen Unterschiede der Wärmeabfuhr verschiedener Bauarten von Zylindern wurden dann näher untersucht. Dazu wurde bei gleicher Beheizung des Verdichtungsraums und gleicher Windgeschwindigkeit die Temperaturverteilung längs der Wand gemessen, Abb. 13 bis 17. Drosselstellen für den Wärmefluß ergeben schroffe Temperaturänderungen, guter Wärmefluß ist dagegen durch besonders weichen Verlauf der Temperaturlinie zu erkennen.

Das deutlichste Beispiel liefert der Zylinder mit abnehmbarem Kopf aus Gußeisen, Abb. 5 und 6. Hier lag zwischen Laufbüchse und Zylinderkopf eine schmale Kupferasbestdichtung, die dem Wärmefluß nach unten einen sehr hohen Widerstand entgegensetzte. Diese Drosselstelle prägt sich auch im Temperaturverlauf stark aus und führt dazu, daß der Kopf die Wärmeabfuhr fast allein übernehmen muß.

Beim herabgezogenen Aluminiumkopf, Abb. 7 und 8, ist demgegenüber durch lebhaften Wärmefluß in den dicken Wandungen der Ausgleich der Temperaturen gesichert. Besonders deutlich ist das Herunterfließen der Wärme in den Aluminiumkopf ohne Rippen, Abb. 9 und 10. Bei den Versuchen ergab sich auch, daß ein Aluminiumkopf ohne Rippen immer noch etwas mehr Wärme abführt, als ein abnehmbarer gußeiserner Kopf. Die Rippen am Aluminiumkopf steigern die Wärmeabfuhr auf das Dreifache und senken entsprechend die Mitteltemperatur.

Abb.	3 ———	5 —··—	7 ———	9 —·—·—
Laufbuchse	geschlossen	offen	offen	offen
Kopf	Stahl	Gußeisen	Aluminium	Aluminium
Rippen	angegossener Rippenmantel			ohne Rippen

Abb. 13 bis 17
Temperaturverlauf von Mitte Zylinderboden bis Flansch für die in Abb. 3 bis 10 dargestellten Zylinder bei gleicher Beheizung ihres Verdichtungsraumes und gleicher Windgeschwindigkeit.

Auf die Überlegenheit der Zylinder mit offener Stahllaufbüchse und aufgeschrumpftem Aluminiumkopf habe ich nach Bekanntwerden der ersten amerikanischen Versuche bereits 1924[2]) hingewiesen und Ende 1924 einen solchen Zylinder entworfen. Die Verbesserung des damit ausgerüsteten Siemens-Sternmotors gegenüber der früheren Bauart, Bild 3 und 4, zeigt Abb. 18.

Ähnlichkeitsschlüsse

Die Auswertung der logarithmischen Kennlinien für diese Zylinderbauart ergibt Abb. 19. Das Bild enthält die spezifische Wärmeabfuhr für alle Windgeschwindigkeiten, alle Temperaturen und alle Zylinderdurchmesser, die praktisch in Frage kommen. Es zeigt weiterhin zwei wesentliche, allgemein gültige Gesetze:

1. Die spezifische Wärmeabfuhr steigt mit der Windgeschwindigkeit erst schnell, später langsamer.
2. Die spezifische Wärmeabfuhr sinkt unter sonst gleichen Bedingungen erheblich mit Zunahme der Zylinderdurchmesser.

Nachprüfung der Versuchsergebnisse

Bei Kenntnis der spezifischen Wärmeabfuhr ist es möglich, den Temperaturzustand eines zu entwerfenden Zylinders vorher zu bestimmen. Die thermische Berechnung der Zylinder umfaßt drei Abschnitte:

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 921.

Abb. 18
Leistung und Brennstoffverbrauch der Siemens-Sternmotoren mit Zylindern nach Abb. 3 und 4 (a) sowie Abb. 7 und 8 (b).

Abb. 19
Spezifische Wärmeabfuhr in Abhängigkeit von Mitteltemperatur und Windgeschwindigkeit für verschiedene Zylinderdurchmesser. Untere Linienschar für Zylinder nach Abb. 3 und 4, obere für Zylinder nach Abb. 7 und 8.

Abb. 20 bis 22
Wärmebelastung verschiedener Zylinder.

1. Berechnung der Wärmebelastung. Die Ergebnisse sind für drei verschiedene Zylinder in Abb. 20 bis 22 wiedergegeben.
2. Aufsuchen der spezifischen Wärmeabfuhr (α-Wert) der betreffenden Zylinderbauart in Abb. 19.
3. Berechnung der Temperatur aus dem für Gleichheit von Wärmebelastung und Wärmeabfuhr notwendigen Temperaturgefälle zwischen Zylinderwand und Kühlluft.

Die Wärmebelastung im Zylinder des kleinen Siemens-Sternmotors beträgt 226 700 kcal/m²h. Die Temperatur, die der Zylinder in Kühlluft von 0 ° bei 45 m/s Windgeschwindigkeit erreicht, erhält man, wenn man diese Zahl durch den zugehörigen Wert von α (im vorliegenden Fall 1200 kcal/m²h °C) dividiert. Sie beträgt 189 °. Messungen an diesem Zylinder bei + 1 ° Außentemperatur ergaben eine Mitteltemperatur von 177 °. Die Übereinstimmung der berechneten und der gemessenen Mitteltemperatur bis auf 12 ° Unterschied ist gegenüber der bisherigen völligen Unsicherheit hinsichtlich des zu erwartenden Temperaturzustandes eines neu entworfenen Zylinders ein Fortschritt und ein befriedigendes Ergebnis der Untersuchungen.

Um ferner den Geltungsbereich der Messungen zu prüfen, haben wir einen damals erst geplanten Zylinder vorausberechnet, dessen Rauminhalt 3½ mal so groß wie der des im Windkanal untersuchten kleinen Zylinders werden sollte. Erst Monate später kam der große Zylinder auf die Bremse. Die vorausberechnete Temperatur wich von der in der Mitte des Zylinderbodens im Betriebe gemessenen nur um wenige Grade ab.

Vorläufige Zylinderhöchstleistung

Ganz allgemein zeigt das Diagramm, Abb. 23, daß mit wachsendem Zylinderdurchmesser bei gleichem Hubverhältnis die Wärmebelastungen zunehmen; dagegen zeigen die Versuche, daß die Wärmeabfuhrzahlen unter den gleichen Umständen abnehmen. Daraus folgt, daß unter sonst gleichen Verhältnissen mit wachsenden Zylinderabmessungen die Wandtemperaturen höher werden.

Betriebsversuche von Prof. Gibson[3]) zeigen aber, daß die Zylindertemperatur nicht beliebig hoch ansteigen darf, ohne sich schließlich unangenehm auf die Betriebswerte auszuwirken; z. B. sinkt der volumetrische Wirkungsgrad mit steigender Zylindertemperatur, s. Abb. 24, und der Brennstoffverbrauch steigt bei abnehmendem mittleren Kolbendruck, s. Abb. 25. Man nähert sich also mit wachsendem Zylinderdurchmesser Temperaturzuständen, die die Leistung und die Wirtschaftlichkeit stark herabdrücken. In diesem Zusammenhang wird die Zylindertemperatur oder die Kühlung für die Steigerung der Zylinderleistung zur begrenzenden Größe. Die höchste Betriebstemperatur läßt sich allerdings nicht eindeutig vorschreiben; aber wie man im Maschinenbau gewisse Spannungen noch als „zulässig" bezeichnet, so darf man als zulässige Temperatur eines luftgekühlten Zylinderkopfes rd. 300 ° ansehen.

[3]) Gibson, Aero-Engines Effiencies, London, The Aeronautical Society.

Abb. 23
Zusammenhänge zwischen Zylinderdurchmesser und Wärmeabfuhr bei verschiedenen Verdichtungsverhältnissen und Wandtemperaturen für Zylinder nach Abb. 7 und 8 für $s/d = 1{,}2$, $w = 180$ km/h und $n = 1500$ U/min.

Mit dieser Grenztemperatur ergibt sich die im einzelnen luftgekühlten Zylinder ohne Ladegebläse (!) erreichbare Höchstleistung unter den heute üblichen Verhältnissen zu rd. 70 PS.

Weitere Leistungsteigerung durch Ladegebläse

Die Entwicklung wird aber bei dieser Zylinderleistung nicht stehenbleiben. Die Abnahme des Liefergrades läßt sich durch Ladegebläse verhindern. Die bei Sternmotoren heute üblichen Turbogebläse können als Weiterentwicklung der umlaufenden Gemischverteiler, wie sie Armstrong erstmalig für luftgekühlte Sternmotoren verwendete, angesprochen werden. Während die Gemischverteiler mit Kurbelwellen-Drehzahl laufen, ist bei den Ladegebläsen die Drehzahl des Laufrades bereits bis 15 000 U/min heraufgesetzt. Eine wesentliche Aufgabe

Abb. 24
Abnahme des volumetrischen Wirkungsgrades mit steigender Zylindertemperatur.

Abb. 25
Mittlerer Arbeitsdruck und Brennstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Zylindertemperatur.

ieses Ladegebläses ist, auch bei hoher Temperatur der Zylinder noch immer eine ausreichende Füllung zu ichern. Sie geben also die Möglichkeit, die zulässige Temperatur des luftgekühlten Zylinders hinauszuschieben. Da sie jedoch über Zahnräder von der Kurbelwelle aus angetrieben werden, so geht ihre Leistung er Luftschraube verloren. Der mechanische Wirkungsgrad des Motors wird also kleiner, der Brennstoffverbrauch höher.

Wirtschaftlicher ist der Gebläseantrieb durch Abgasturbinen, deren Leistung die Auspuffgase decken. Solche Gebläse werden aber meist schon als Höhenfluggerät ausgebildet. Die Drehzahl ihrer Laufräder beträgt 0 000 bis 40 000 U/min und paßt sich dem äußeren Luftdruck selbsttätig an. Das Auspuffgeräusch wird stark gedämpft. In Bodennähe können Höhengebläse mit Rücksicht auf das Triebwerk nur kurzzeitig zur Leistungssteigerung herangezogen werden.

Nicht größere Bohrungen sondern längere Hübe

Angenommen, man hätte die Leistung eines kurzhubigen Zylinders bis an die Temperaturgrenze gesteigert, so würde die weitere Vergrößerung des Durchmessers infolge der abnehmenden Wärmeabfuhrzahl zu noch höheren Temperaturen, also zu unwirtschaftlichem Betrieb führen. Bei Hubverlängerung dagegen bleibt die Wärmeabfuhrzahl gleich und die Wirtschaftlichkeit auch bei höherer Leistung gewahrt.

Vergleicht man in diesem Zusammenhang die in Zahlentafel 1 angegebenen Betriebsergebnisse zweier Sternmotoren mit Luftkühlung: Motor A hat, wie aus dem Brennstoffverbrauch hervorgeht, die Temperaturgrenze erreicht, bei dem Brennstoffverbrauch von 248 g/PS$_e$h sogar schon überschritten. Die Leistung zu steigern scheint bei wirtschaftlichem Betrieb kaum noch möglich. Motor B hat den gleichen Zylinderdurchmesser wie Motor A, aber längeren Hub. Er erreicht die gleiche Leistung von 425 PS bei wesentlich niedrigerer Drehzahl (1590 gegen 1900 U/min). Sein Wärmezustand ist dabei, wie der Brennstoffverbrauch zeigt, besser. Während Motor A die Spitzenleistung von 450 PS bei 2100 U/min erreicht, kann die von Motor B auf 580 PS bei 2200 U/min gesteigert werden, wobei allerdings auch der spezifische Brennstoffverbrauch zu steigen beginnt.

Daraus ergibt sich: An der Temperaturgrenze ist es zweckmäßiger, den Hub zu verlängern, als die Bohrung zu vergrößern, um höhere Leistung zu erreichen.

Die langsamlaufende Großraummaschine als künftiger Verkehrsflugmotor

Längere Hübe sind für den Flugmotor auch darum zweckmäßiger, weil sie bei gleicher Kolbengeschwindigkeit niedrigere Drehzahlen gestatten, und da m. E. nicht die Drehzahlen, sondern die Kolbengeschwindigkeiten maßgebend sind für die Kräfte und das Gewicht im Kurbelgetriebe, so ergeben auch niedrigere Drehzahlen das gleiche Leistungsgewicht, sofern nur die Kolbengeschwindigkeit gleichbleibt.

Der langsamlaufende, langhubige Beardmore-Motor, Zahlentafel 1, ist kaum schwerer als der Schnelläufer von Fiat; anscheinend steht man im Flugmotorenbau noch sehr unter dem Einfluß des Automobilmotorenbaues, wenn man immer höhere Drehzahlen anstrebt. Das mag bei kleinen Zylindern mit Wasserkühlung berechtigt sein, zwingt aber bei Flugmotoren mit Rücksicht auf die Luftschraube, Getriebe anzuwenden. Die langsamlaufende, langhubige Flugzeugmaschine — im Gegensatz zum Flugmotor — kann ohne Getriebe auskommen. Sie ermöglicht weitere Leistungssteigerung bei wirtschaftlichem Betriebstoffverbrauch, ist einfacher im Aufbau, billiger in Anschaffung und Wartung, vor allem aber zuverlässiger im Betrieb. Bei ihrem geringen Brennstoffverbrauch ist sie mit Brennstoffvorrat für einige Stunden dem Schnelläufer im Gewicht noch überlegen. Heute erst in wenigen Bauarten vertreten, dürfte sie in der Zukunft für einige militärische Zwecke, besonders aber für den Luftverkehr, noch eine bedeutende Rolle spielen. Für Kampfflugzeuge allerdings eignet sie sich bei ihrem größeren Raumbedarf nicht; leider ist der Flugmotorenbau der ganzen Welt viel zu sehr im Sinne dieser Sonderaufgabe beeinflußt, sehr zum Nachteil des Luftverkehrs, der heute leichteste Höchstleistungsmotoren verwenden muß, deren Bauteile bedenklich hoch beansprucht sind. Solche Kriegszweck-Triebwerke werden sich im Luftverkehr nicht mehr lange halten können. Wir in Deutschland haben jedenfalls keinen Grund, diese Jagd nach äußerster Gewichtersparnis und höchster Literleistung mitzumachen, die zu mehr Notlandungen führt, als der Luftverkehr auf die Dauer zu ertragen vermag. Vielmehr sollten wir es als unsere Aufgabe betrachten, dem heute überall anerkannten deutschen Verkehrsflugzeug einen unbedingt zuverlässigen Verkehrsflugmotor an die Seite zu stellen.

Abb. 26
450 PS-Bristol-Merkur-Motor mit Abgasturbinengebläse für Höhenflüge.

Rennmotoren

Im Gegensatz zu dieser heute noch fehlenden Bauart stellt der Bristol-Merkur, Abb. 26, einen hoch-

Zahlentafel 1
Betriebswerte verschiedener Motoren

Motor	d	s	$\frac{s}{d}$	N	n	c_m	b	N_{max}	n_{max}	b_{max}
Sternmotor A . .	146	146	1	425	1900	9,25	248	450	2100	250
„ B . .	146	190	1,3	425	1590	10,1	228	580	2200	240
Motor	d	s	$\frac{s}{d}$	N_{Zyl}	n	c_m	b	N_l	E_G	$G_{f\,4\,h}$
Fiat 980 PS . . .	170	200	1,17	81,6	2000	13,3	265	18	0,91	1,97
Beardmore 900 PS	219	317,5	1,45	150	1350	14,3	220	17,6	1,0	1,88

d (mm) Zylinderbohrung
s (mm) Kolbenweg
N (PS) Leistung
N_{Zyl} (PS) Zylinderleistung
n (U/min) Drehzahl
p_m (at) mittl. Druck
c_m (m/s) mittl. Kolbengeschwindigkeit
b (g/PSh) Brennstoffverbrauch
N_l (PS) Literleistung
E_G (kg/PS) Einheitsgewicht
G_f (kg/PS) Einheitsfluggewicht

gezüchteten Rennmotor für Flugzeuge, gleichzeitig auch den heute stärksten luftgekühlten Neunzylinder der Welt dar. Er zeigt deutlich, welche hohen Leistungen luftgekühlte Zylinder noch liefern können. Er wurde beim internationalen Seeflugzeugrennen 1927 in Venedig[4]) bekannt. Alle Mittel der Leistungssteigerung, die man heute kennt, waren verwendet:

1. die Zylinder haben aufgeschrumpfte Leichtmetallköpfe mit je vier Ventilen und Stoßstangenausgleich,
2. die Kurbelwellendrehzahl ist auf 2800 U/min g steigert,
3. ein Kegelradgetriebe vermindert die Drehzahl d Kurbelwelle auf 1400 U/min an der Luftschraub
4. ein zwangläufig angetriebenes Turbogebläse von 65 F bei 22 000 U/min ist im hinteren Kurbelgehäuse ei gebaut.

Dieser Motor erreichte nicht wenige als 920 PS oder mehr als 100 PS in eine einzelnen luftgekühlten Zylinder.

[B 1798]

[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1740.

Mechanische Betätigung der Lokomotivfeuertüren

In den Staaten Georgia, Indiana, Iowa, Michigan, Ohio und Wisconsin ist die Ausrüstung der Lokomotiven mit mechanisch betätigten Feuertüren gesetzlich vorgeschrieben. Die amerikanische Lokomotivführer-Gewerkschaft verlangt nunmehr die allgemeine Einführung in den Vereinigten Staaten.

Am meisten verwendet werden in Amerika die Butterfly-Feuertüren der Franklin Railway Supply Co., Abb. 1. Diese Türen bestehen aus zwei Flügeln, die oberhalb des Feuerloches aufgehängt sind und sich nach links und rechts oben in Gestalt von Schmetterlingsflügeln (daher der Name) öffnen. Sie werden mit Druckluft betätigt, die durch Fußhebel gesteuert wird. Der Druckluftzylinder liegt oberhalb der Feuertür. Die Fußhebel sind so auf dem Boden des Führerhauses angeordnet, daß Führer oder Heizer sie bequem mit dem Fuß bedienen können. Der Heizer kann daher die Tür selbst vor und nach jeder Schippe voll Kohlen öffnen und schließen.

Eine andre Ausführung, mit einer zweiflügeligen Schiebetür nach Abb. 2 bis 5, verwendet die Finnische Staatsbahn. Unter dem Fußhebel *a*, Abb. 2, liegt ein kleiner Steuerzylinder *b*, Abb. 3 bis 5, von 28 mm Dmr. mit Hohlkolben *c*, dessen Innenraum durch Leitung I ständig mit dem Hauptluftbehälter der Luftdruckbremse in Verbindung steht. Der Steuerkolben ist mittels Lederstulpen *d* abgedichtet. In der gezeichneten Stellung ist die Druckleitung I durch die Druckleitung II mit der rechten Zylinderseite des Türschließers (Druckluftzylinders *e*), Abb. 6, verbunden und hält die Tür geschlossen. Niederdrücken des Fußhebels setzt durch Leitung III die andere Seite des Kolbens im Türschließer unter Druck, so daß sich die Tür öffnet. Der Arbeitskolben *f* ist ebenfalls mittels Lederstulpen abgedichtet. Ein Griff *g*, s. Abb. 2, gestattet gegebenenfalls Bedienung mit der Hand.

[M 1781] M.

Abb. 1 Mechanisch betätigte Lokomotiv-Feuertür der Franklin Railway Supply Co.

Abb. 2 Mechanisch betätigte Lokomotiv-Feuertür der Finnischen Staatsbahnen.
a Fußhebel *b* Druckluft-Steuerzylinder *g* Handgriff *I, II, III* Luftleitungen

Abb. 3 bis 5 Druckluft-Steuerzylinder.
c Steuerkolben *d* Lederstulpen

Abb. 6 Türschließer.
e Druckluftzylinder *f* Arbeitskolben

Vervollkommnung der Holzschleifverfahren

Von Ing. Fritz Hoyer, Köthen-Anhalt

Notwendigkeit der stärksten Ausnutzung der festen Masse des Holzes. — Höhere Verwendung von Abfallholz. — Ältere Schleifverfahren, die die Grundlage zu neueren Verfahren bilden. — Neuere Verfahren, die auch geeignet sind Abfallholz zu verarbeiten.

Notwendigkeit und Möglichkeit für die Verbesserung des Holzschliffes

Der immer stärker fühlbare Holzmangel zwingt nicht nur die deutsche Papierindustrie, sondern in mehr oder minder hohem Maß auch die ausländische, ihr Augenmerk ganz besonders auf eine hohe Ausbeute des Holzes zu richten. In dieser Beziehung kann man nun wohl aber sagen, daß sowohl in der Holzschleiferei als auch ganz besonders in der Zellstoffindustrie eine Steigerung der Holzausbeute nicht mehr zu erzielen ist. Es müssen also andre Wege beschritten werden, um hier Rat zu schaffen.

Man hat hier schon eine ganze Reihe von erfolgversprechenden Fortschritten erzielt. Eine große Entlastung der Holzverarbeitung wird in immer stärkerem Maße durch den Strohzellstoff und durch Wiederverarbeitung von Altpapieren erreicht, aber auch andre Pflanzen, die sich zur Holzschliff- und Zellstofferzeugung eignen, und die den bisher verwendeten Papierhölzern gegenüber den Vorzug der größeren Raschwüchsigkeit haben, werden immer mehr herangezogen; es sei da an Bambus und Eukalyptus erinnert. Gerade das Eukalyptusholz dürfte noch berufen sein, in der Papierstofferzeugung eine große Rolle zu spielen; denn einmal ist es sehr raschwüchsig und dann gibt es nicht nur eine zufriedenstellende Ausbeute, sondern auch eine recht gute Faser, sobald man die geeigneten Arten verarbeitet. Von besonderer Bedeutung ist bei dem Eukalyptusholz noch, daß sich einzelne Arten auch vermutlich recht gut in unsern Gegenden ansiedeln lassen und so geeignet sind, nicht nur unsre Forstwirtschaft auf eine breitere Grundlage zu stellen, sondern auch der immer stärker werdenden Papierholzeinfuhr vorzubeugen.

Aber nicht nur die Heranziehung andrer Papierhölzer ist anzustreben, sondern auch eine gesteigerte Fasererzeugung, insbesondere für Druckpapier des Massenbedarfes, also für Umlaufdruck[1]). Bei unsern heutigen Zellstoffgewinnungs- und Schleifverfahren ist zwar eine höhere Faserausbeute nicht mehr zu erreichen, wohl aber teilweise eine Verbesserung des erzielten Stoffes. Allerdings kann sich diese Stoffverbesserung nur auf den Holzschliff beziehen; denn unsre Zellstoff-Gewinnungsverfahren sind in dieser Beziehung kaum mehr zu übertreffen. Aber gerade eine Verbesserung der Schleifverfahren gibt am ersten die Möglichkeit einer höheren Ausbeute an Stoff für billige Papiere des Massenbedarfes.

Bei der Zellstoffgewinnung ist aus erstklassigem Fichtenholz eine wesentlich höhere Ausbeute als 44 vH nicht zu erreichen, während beim Weißschliff, der bei Umlaufdruckpapieren benutzt wird, die Ausbeute bis zu 70 vH betragen kann, da ja bei dem überwiegend mechanisch wirkenden Schleifvorgang kein so großer Substanzverlust durch das Lösen von Inkrusten eintritt, wie bei dem rein chemisch wirkenden Zellstoffverfahren. Daß beim neuzeitlichen Heißschleifverfahren auch eine gewisse chemische Wirkung durch Wärme und Wasserdampf eingeleitet wird, sei nur nebenbei bemerkt. Es ist auch erklärlich, daß infolgedessen eine stärkere Lösung von Inkrusten auftritt, durch die aber zum großen Teile die höhere Güte des Heißschliffes bedingt wird. In der Tat zeigen auch die alten Kaltschleifverfahren bei geringerer Güte des Stoffes dem Gewicht nach oft höhere Ausbeute, da eben weniger Inkrusten gelöst werden und mit dem Wasser abgehen.

Es muß nun einleuchten, daß man bei einer weiteren Vervollkommnung der heutigen Schleifverfahren noch eine Güteverbesserung des Stoffes erzielen muß, die vielleicht ebenfalls etwas geringere gewichtsmäßige Ausbeute zur Folge hat. Diese Verminderung kann aber nicht so groß werden, daß sie auf die Höhe der Faserausbeute bei der Zellstoffgewinnung sinkt. Durch eine weitere Güteverbesserung des Holzschliffes besteht nun die Möglichkeit, den Zellstoffzusatz, der sich heute bei Umlaufdruckpapieren auf 20 bis 25 vH beläuft, noch weiter zu vermindern, unter Umständen ganz wegzulassen. Daß auf diese Weise eine beträchtliche Ersparung an Papierholz zu erreichen ist, liegt auf der Hand. Gleichzeitig dürfte damit aber auch eine Verbilligung solcher Papiere eintreten, vielleicht auch eine geringe Verschlechterung, die aber von untergeordneter Bedeutung ist, da ja diese Papiere für Massenverwendung ohnehin nur einen Augenblickswert haben. Es besteht anderseits keine Notwendigkeit, das Umlaufdruckpapier besser zu machen, als es von unsern Schnellauf-Papiermaschinen anstandlos verarbeitet wird. Es ist ja bekannt, daß das Druckpapier, das auf den Papiermaschinen einwandfrei gelaufen ist, auch auf den Druckerpressen keine Schwierigkeiten macht.

Daß die Möglichkeit besteht, lediglich aus reinem gutem Weißschliff ohne Zusatz von Zellstoff auf schnelllaufenden Papiermaschinen Druckpapier zu erzeugen, ist durch Versuche mit dem „Enge-Stoff" erwiesen. Es wird nun vielleicht der Einwand gemacht werden können, daß gerade der heute auf Stetigschleifern erzeugte Holzschliff auf großen, neuzeitlich gebauten Papiermaschinen gewisse Schwierigkeiten bereite, indem das Papier reißt, wenn nicht ein ausreichend großer Zellstoffzusatz gegeben wird. Dem ist aber entgegenzuhalten, daß nicht eigentlich der Heißschliff die Schuld daran trägt, sondern die vielmehr bei uns noch vielfach für Holzschliff gebräuchliche Sortierung. Es hat sich erwiesen, daß für die großen Schnelläufermaschinen, wie man sie heute für Umlaufdruckpapier verwendet, diese Sortierung des Holzschliffes nicht mehr genügt, daß hierzu vielmehr eine sorgsamere Trennung erforderlich ist, die in Nordamerika, Kanada und Norwegen bereits angewendet wird. Nordamerika verarbeitet den Holzschliff, der nicht besser ist als der unsrige, ohne Anstände mit mindestens gleich großen Geschwindigkeiten wie bei uns. In dieser Erkenntnis sind auch bei uns in Deutschland mehrere große Druckpapierfabriken, die Holzschliff nach heutigen Verfahren verarbeiten, dabei, ein andres Trennverfahren als bisher üblich auszuproben, und zwar ebenfalls eine Art Stufentrennung mit besondern Feintrennern (Membrantrennern). Es hat sich bei diesen Versuchen herausgestellt, daß man, wenn man mit hohem Holzschliffgehalt auf den Schnelläufern anstandlos arbeiten will, sehr geringe Schlitzweiten anwenden muß, und zwar viel feinere, als sie bisher bei der Holzschlifftrennung üblich waren. Da diese Versuche noch nicht abgeschlossen sind, so kann ein endgültiges Urteil noch nicht gefällt werden.

Eine Güteverbesserung des Holzschliffes, die durchaus noch möglich ist, wird aber vor allen Dingen auch die Wege zu einer stärkeren Verwendung von Abfallhölzern und solchen Hölzern ebnen, die man heute entweder gar nicht oder nur für ganz minderwertige Erzeugnisse verarbeiten konnte. Gerade die stärkere Verwendung von solchen Hölzern vor allen Dingen auch zu besseren Erzeugnissen ist aber heute immer mehr anzustreben, weil sie auch ein Weg ist, um unsern Holzvorrat zu strecken und vor allem eine bessere Ausnutzung der heute meist als Brennholz verwendeten Abfälle zu erreichen.

Alle Bestrebungen im Holzschleiferbau liefen nun in den letzten Jahrzehnten in erster Linie darauf hinaus, die Schleifer[2]) selbst zu verbessern, um vor allen Dingen den

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1278 u. 72 (1928) Nr. 20 S. 657

[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 757, Bd. 71 (1927) S. 1750.

Kraftverbrauch auf die Gewichtseinheit möglichst herabzusetzen. Daß das bisher im höchsten Maße gelungen ist, beweisen unsre neuzeitlichen Schleiferbauarten. Es erscheint aber fraglich, ob man hier noch weiter kommen wird. Gleichzeitig mit der besseren Verwertung der Kraft ging allerdings auch eine bedeutende Verbesserung der Stoffgüte Hand in Hand. Es ist aber damit noch nicht gesagt, daß nicht eine noch weitere Verbesserung des Stoffes zu erzielen sei. Auf Grund neuerer Versuche und Bestrebungen ist es vielmehr anzunehmen, daß auch hier bald ein Schritt weiter getan werden kann

Es liegt nun auf der Hand, daß dieses Ziel nicht allein durch Verbesserung der Schleifmaschinen zu erreichen ist, sondern auch ganz besonders noch durch eine zweckmäßige Vorbehandlung des Holzes, die ja auch Enge durchführte, und die auch die Ursache der guten Eigenschaften des Braunschliffes ist. Die Bestrebungen, auch Weißschliff nach einem dem Braunschliffverfahren ähnlichen Verfahren herzustellen, sind durchaus nicht neu. Das Enge-Verfahren bietet dazu wohl an sich den Weg, es hat aber den Nachteil, daß die dabei benutzten Einrichtungen zu teuer sind, so daß es bisher noch nicht eingeführt werden konnte. Denn gerade die Abfallholzverwertung wird wirtschaftlich zur Herstellung erstklassigen Stoffes nur dann eingeführt werden können, wenn man das Holz einer Vorbehandlung unterzieht.

Die neueren Verfahren

Einen weiteren Fortschritt auf diesem Wege, besonders aber auch der Abfallholzverwertung, bedeutet das Sternkopfsche Verfahren (DRP 400 049 und 445 717). Es geht zunächst von der Erwägung aus, ob nicht die durch das Dämpfen und Kochen des Holzes erreichbare Erweichung weniger von der Höhe der Temperatur als vielleicht mehr von bestimmten Drücken abhängt, die man nicht durch hohe Dampfspannungen, sondern rein mechanisch erzeugt, also z. B. mittels einer Pumpe. Wenn auch diese Versuche, die bisher nur im Laboratorium vorgenommen wurden, durchaus nicht ohne weiteres verallgemeinert werden können, so scheinen sie doch einen gangbaren Weg zu weisen.

Es ist bekannt, daß die Umlagerung der Lignine, also die Braunfärbung des Holzes, bei den heute üblichen Braunholzverfahren bei etwa 80° beginnt. Einflüsse, die das bewirken, müssen ausgeschaltet werden. Enge tat das teilweise dadurch, daß er bei geringerem Druck arbeitete. Das Verfahren war aber zu teuer und zu umständlich. Es ist ja ein dem erfahrenen Braunholzschleifer bekannter Umstand, daß man bei der Holzvorbereitung unter Verwendung umlaufenden Heißwassers sehr wohl in der Lage ist, eine starke Braunfärbung zu vermeiden, daß vielmehr ein nur wenig dunklerer Stoff als normaler Weißschliff erzeugt wird, der aber die guten Eigenschaften des Braunschliffes hat, also eine Halbzellulose.

Die erwähnten Versuche zeigten nun, daß beim Behandeln des Holzes mit heißem Wasser in offenen Gefäßen bei nicht zu großen Holzquerschnitten (z. B. bei Hackschnitzeln, Spreißeln, Säumlingen, Schwarten usw.) das erreicht wurde, was man bei den Braunholzverfahren mit den üblichen Drücken und Dämpfen ohne Chemikalien erreichen kann. Der Holzkörper nimmt die gleiche lockere Struktur an, die man sonst nur beim Dämpfen des Holzes unter Druck erzielt. Es ist nun ein erster Grundsatz bei der Vorbereitung des Holzes nach einem solchen Verfahren, daß jegliche Verwendung von Chemikalien auszuschließen ist, weil sie die Wirtschaftlichkeit unter allen Umständen nachteilig beeinflussen müssen.

Es ist weiterhin bekannt, daß es bei unseren neueren Schleifverfahren mitunter Schwierigkeiten macht, die erforderliche Menge Wasser zwischen Holz und Stein zu bringen, die nötig ist, damit nicht zu große Erwärmung des Holzes und des Steins und dadurch Verfärbung eintritt. Als einen nicht zu verkennenden und nicht hoch genug einzuschätzenden Vorteil der neuen Schleiferbauarten, besonders aber derjenigen mit großem Holzschacht über dem Stein (Stetigschleifer, Dauerschleifer und ähnliche) ist zu

a Wasserkasten
b Füllrohr
c Dampfleitung
d Absperrhahn
e, f, g Dampfleitung zu den Pressen
h Preßstempel
i Dampfleitung
k Injektor
l Heißwasserrohr
m Schleifstein

Abb. 1
Altes Trambachsches Schleifverfahren: Holzschleifen mit Warmwasser und Dampf.

bezeichnen, daß das Holz in gewisser Weise durch di aufsteigende Wärme erweicht wird. Es ist aber nicht z leugnen, daß man einen willkürlichen Einfluß auf dies Erweichung nicht hat. Man könnte diesen Einfluß woh verstärken, indem man den Holzschacht erhöht. Das is aber nicht wünschenswert, denn es hat sich erwiesen, da dadurch keine Vorteile mehr erreicht werden, sonder eher Nachteile. Es hat sich gezeigt, daß nicht das Eigen gewicht der Holzsäule im Schacht, sondern vielmehr ein seitliche Pressung der Holzsäule deren Verdichtung zu Folge hat, aus der sich wieder eine möglichst gleich bleibende „stetige" Schleiffläche ergibt. Durch eine Er höhung des Holzschachtes und somit der Holzsäule wir jedoch die Gefahr des Klemmens der Hölzer erhöht.

Zunächst ist also weniger die Bauart des Schleifer von Bedeutung, sondern die Vorbereitung des Holzes, ob gleich nicht gesagt werden soll, daß nicht auch die Mög lichkeit und Notwendigkeit bestände, am Schleifer weiter Verbesserungen anzubringen, die in Verbindung mit de Holzvorbereitung ein solches Verfahren wirtschaftlich un einfach machen.

Es ist schon vor fünfzig Jahren von A. Trambac versucht worden, durch Zuführen heißen Wassers hei zu schleifen. Trambach führte auf die Schleiffläch heißes Wasser und in den Preßkasten Dampf, Abb. 1 Der Wasserkasten *a* wird durch das Rohr *b* gefüllt. In Behälter befindet sich eine Dampfschlange zur Erwär mung des Wassers, der Dampf kann vom Rohr *c* au durch den Hahn *d* zugeleitet werden. Weiterhin führe die Rohre *e*, die Zweigrohre *f* und *g* den Dampf den Pres sen *h* zu. Ein zweites Dampfzuleitungsrohr *i* geht zun Injektor *k*, der durch das Rohr *l* heißes Wasser an de Schleifstein *m* abgibt.

Man kann sehr wohl das Sternkopfsche Ver fahren (DRP 400 049) nicht nur als eine Verbesserun dieses längst in Vergessenheit geratenen Verfahrens be trachten, sondern als eine Übertragung ins Praktische Während das oben angeführte Verfahren wie alle andern die sich der Zuführung heißen Wassers bedienen, nich als wirtschaftlich und daher nicht als durchführbar er erwiesen haben, geht das neue Verfahren von Gesichts punkten aus, die eine Wirtschaftlichkeit sichern.

Die neue Vorrichtung sichert vor allen Dingen auc das Schleifen mit dem geringsten Aufwand an Kraft Wärme und Arbeit, indem die heißen und kalten Ab wässer der Anlage in einem Behälter so zusammen gebracht werden, daß sie sich dauernd auf gleicher Tem peratur halten. Sie können erforderlichenfalls auf ein fachem Wege filtriert und dann dem Stein und einem Ein weichbottich für das Holz zugeführt werden. In diesem

Abb. 2
Sternkopfsches Schleifverfahren (DRP 400 049).

a Abwasservorratbehälter
b Zuleitung von Abwasser
c „ „ Abdampf
d „ „ Niederschlagwasser
e Pumpe
f, g, h Warmwasserrohre
i Spritzrohre
k Schleifer
l Einweichbottich
m Zuführschlot

Einweichbottich wird das Holz unmittelbar vor dem Schleifen erhitzt und getränkt. Die erforderliche Wärme kann aus dem Abdampf der Dampfmaschinen, aus Kondenswasser, aus Heiz- und Trockenanlagen, aus Feuergasen usw. bezogen werden. Das ist jedoch eine Frage, die fast als nebensächlich zu bezeichnen ist; denn in einer Papierfabrik mit gut durchgeführter Kraft- und Wärmewirtschaft bereitet die Beschaffung von Heiß- und Warmwasser keine Schwierigkeiten; es besteht in den meisten Fällen sogar hierin ein erheblicher Überschuß, der auf diese Weise nutzbringend verwendet werden kann.

Abb. 2 zeigt eine solche Anlage. Unter oder über der Schleiferei ist ein Behälter *a* angeordnet, worin durch das Rohr *b* Abwässer eingeführt werden. Durch *c* kann Abdampf, durch *d* Niederschlagwasser zugeführt werden. Man kann auch hier durch eine in Abb. 2 nicht eingezeichnete Rohrschlange die Abgase der Kesselheizung einführen und zur Erwärmung des Wassers benutzen. Mittels einer Pumpe *e* oder einer anderen Fördervorrichtung wird das angesaugte und erforderlichenfalls auf einfache Weise gereinigte Wasser durch das Rohr *f* und die Leitung *g* nach den Spritzrohren *i* des Schleifers *k* geleitet. Diese Pumpe schafft aber auch durch das Rohr *h* heißes Wasser in den Einweichbottich *l*, in den das Schleifholz von dem oberen Stockwerk aus eingetragen wird. Das Holz wird durch den Schlot *m* eingebracht, der auch etwaige Brüden abführen kann. Das im Einweichbottich *l* liegende Holz wird nicht nur erwärmt, sondern auch aufgeweicht, so daß der Schleifer heißes, erweichtes Holz erhält. Im Einweichbottich *l* findet ein ständiger Wechsel des Wassers statt, indem heißes Wasser durch *h* zuströmt und das abgekühlte Wasser nach *a* zurückfließt. Es besteht so die Möglichkeit, das Wasser in dem Behälter *a* immer auf gleicher Temperatur zu halten.

Um dieses Verfahren nun zu vereinfachen und praktisch verwendbar zu machen, hat man einen besonderen Schleifer konstruiert, der das Holz nicht in einem besonderen Behälter, sondern in der Schleiferpresse selbst behandelt (DRP 445 717), Abb. 3 bis 6. Senkrecht über dem Schleifstein *a* ist ein nach unten weiter werdender Preßkasten *b* angeordnet, der in einer Führung *c* des Schleifergehäuses sitzt und sich auf die Schrauben *e* stützt, so daß er, der Abnutzung des Steines entsprechend, nachgestellt werden kann. Das Gehäuse *d* ist vollkommen geschlossen und dort, wo die Steinwelle *f* durchtritt, mit Stopfbüchsen *g* versehen. Es hat den üblichen Stoffauslauf nicht unten, sondern ist mit einem Steigrohr *h* versehen, so daß der Stoff in einer Höhe austritt, die dem Wasserspiegel *i* im Preßkasten *b* entspricht. Der Schleifstein *a* steht also vollständig unter Wasser, ebenso liegt das Schleifholz im Preßkasten *b* im Wasser. Je nach der Höhe der Holzsäule im Preßkasten *b*, der Höhenlage des Wasserspiegels *i* und dem Holzvorschub kann das Holz etwa 1 bis 2 h im Wasser liegen, ehe es zum Verschleifen kommt. Entweder wird warmes Wasser durch das Rohr *k* zugeführt oder der Preßkasten *b* wird mit Heizkammern *l* umgeben, Abb. 4, in die man Dampf einführt, oder die man anderswie heizt.

Den Vorschub des Holzes bewirken Armkreuze *m*, die auf Wellen *n* am Preßkasten *b* lagern und bei ihrer Drehung durch Schlitze *o* in den Kasten *b* eingreifen und das Holz nach unten drängen. An sich sind derartige Vorschubvorrichtungen schon bekannt; sie waren aber nur auf einer Seite des Preßkastens und nahe am Stein vorgesehen. Die neue Vorschubvorrichtung wirkt hingegen auf beiden Seiten des Preßkastens *b* und hoch über dem Schleifstein *a*, die Armkreuze *m* greifen etwa zur Hälfte in den Preßkasten *b* ein, lösen einander im Vorschieben des Holzes ab und sitzen in größerer Anzahl auf ihren Wellen *n*, wodurch ein sicherer Vorschub des Holzes gegen den Stein gewährleistet wird. Die Arme *m* sind so geformt, daß sie beim Eintritt in den Kasten *b* nach oben die Hölzer wegdrängen, unten aber ohne Klemmungen heraustreten.

An der Austrittstelle des Stoffes befinden sich die Rohre *p*, die kräftige Wasserstrahlen abgeben, um das Festsetzen von Stoffteilen zu verhindern. Die Schärfvorrichtung *q* ist im Stoff liegend angeordnet; die Spin-

Abb. 3 und 4
Schleifer mit nachstellbarem Preßkasten.

a Schleifstein
b Preßkasten
c Führung des Gehäuses
d Gehäuse
e Stellschrauben
f Steinwelle
g Stopfbüchsen
h Steigrohr
i Wasserspiegel im Preßkasten
k Warmwasser-Zuführrohr
l Heizkammern
m Vorschubarme mit Wellen *n*
o Schlitze für Vorschubarme
p Spritzrohre
q Schärfvorrichtung mit Spindel *r* für die Querverschiebung und Welle *s* für Längsverschiebung
t Wasserzuleitung
u Siebplatte
v Putzöffnung
w Rührflügel
x Rührleisten
y Austrittstutzen

Abb. 5 und 6
Ausführungen mit festem Preßkasten.

a Schleifstein
b Preßkasten
c Gehäuse
d nachstellbarer Stein
e Schärfrolle
f Sieb mit Stellschrauben *g*
h Steigrohr
i Wasserspiegel
k Rührband mit Führungsrollen

Abb. 3 bis 6
Neuartige Schleifer mit Behandlung des Holzes in der Presse selbst.

del r für die Querverschiebung der Schärfrolle und die Welle s für deren Längsverschiebung, sind im Gehäuse mit Stopfbüchsen abgedichtet. Weiter sind Wasserzuführrohre t vorgesehen, die den Zweck haben, Stoffansammlungen zu verhindern. Unten im Gehäuse ist eine schrägliegende, gelochte Platte u, unter der sich der Sand absetzen kann, und vorn eine Putzöffnung v angeordnet. Vor der Öffnung v läuft im Gehäuse ein Rührer w, an den Stirnseiten des Steines a sind gebogene Leisten x, die ebenfalls Stoffansammlungen verhüten und den Stoff im Fluß halten sollen. Das Steigrohr h liegt mit seinem Austrittstutzen y schon so hoch, daß die sonst übliche Stoffpumpe entbehrlich wird. Der Stoff fließt vom Stutzen y nach außen ab und dann zum Sichter; er kann von hier in üblicher Weise weitergeleitet werden.

In der Ausführung, Abb. 5, ist der Preßkasten b fest mit dem Schleifergehäuse c verbunden. Zum Verfeinern der Späne und Faserbündel ist nahe am Schleifstein a ein nachstellbarer Stein d angeordnet. Über dieser Verfeinerungsvorrichtung ist die Schärfrolle e im Gehäuse c angebracht. Den Schleifstein a umschließt unten ein Sieb f, das durch Schrauben g zu ihm eingestellt werden kann. Damit der erzeugte Stoff sich nicht absetzen kann, ist hier ein durch das ganze Schleifergehäuse c und das Steigrohr h umlaufendes Rührband k vorgesehen, das über Rollen l geführt wird. Das Rührband k kann mit Kratzen versehen werden, die das Sieb f ständig von außen reinigen. Nach Abb. 6 läßt sich dieser Schleifer auch in Zwillingsanordnung ausführen.

An einer im Betrieb befindlichen kleineren Versuchsschleiferei hat sich nun die Richtigkeit der aufgestellten Behauptungen erwiesen. Es konnte insbesondere auch festgestellt werden, daß durch dieses „hydrothermische" Schleifverfahren das Schleifholz tatsächlich stets Wasser hat, daß also eine unzulässige Temperatursteigerung mit ihren schädlichen Folgen für Holz und Stein nicht eintreten kann. Es erwies sich aber auch vor allen Dingen, daß Schwarten, Spreißel, Dünnholz und andre Abfälle zu einem recht guten Stoff verschliffen werden konnten, so daß das Verfahren ganz besonders auch für die Verwertung von Abfallholz von Bedeutung sein wird.

Da das Verfahren außerdem zahlreiche Abänderungen zuläßt, also durchaus nicht nur in der hier erwähnten Weise durchgeführt werden muß, so bietet sich eine außerordentlich große Anwendungsmöglichkeit, um so mehr, als es als durchaus wirtschaftlich zu bezeichnen ist. Vor allem aber bietet dieser neue Schleifer noch eine Möglichkeit, die bei den bisher benutzten Stetigschleifern und ähnlichen Bauarten einige Schwierigkeiten bereitete, nämlich die Anwendung des hydraulischen Holzvorschubes, der bekanntlich von vielen Schleifereien wegen seiner Nachgiebigkeit noch vorgezogen wird. Es ist bisher oft in der Fachwelt als ein Mangel bezeichnet worden, daß an den neueren Stetigschleifern und ähnlichen Bauarten der Holzvorschub zu starr ist. Die Elastizität wird nicht durch die Anwendung von Wasser oder einer anderen Druckflüssigkeit an sich erreicht, sondern vielmehr dadurch, daß hinter der Druckflüssigkeit das elastische Luftkissen des Druckspeichers sitzt, das die Stöße weit besser auffängt als alle andern Einrichtungen. Es ist sogar anzunehmen, daß man dadurch eine besonders vorteilhafte Regelung erzielen wird. [B 1167]

Dynamik der Mehrkurbelgetriebe[1]

Die von Dr.-Ing. F. Proeger aufgestellten Bewegungsgleichungen für „Getriebe mit losem Aufbau"[2] ergeben für die an den Kurbeln einzuleitenden Kraftmomente $\mathfrak{M}$ Ausdrücke von der symbolischen Form

$$\mathfrak{M} = \Sigma\, i_\varepsilon\, \varepsilon + \Sigma\, i_\omega\, \omega^2 + \Sigma\, i'\, \omega\, \omega \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

wobei die Koeffizienten i_ε, i_ω und i' als „reduzierte Trägheitsmomente" eingeführt werden und bereits für Zweikurbelgetriebe ziemlich umfangreiche Formeln liefern. Für Einkurbelgetriebe vom Kurbelwinkel φ geht Gl. (1) in

$$\mathfrak{M} = i_\varepsilon\, \varepsilon + i_\omega\, \omega^2$$

über und zeigt außerdem den wichtigen Zusammenhang

$$i_\omega = \frac{1}{2}\, \frac{d\, i_\varepsilon}{d\, \varphi},$$

der für die graphische Dynamik erhebliche Vorteile bietet. Ich stellte mir die Aufgabe, entsprechende Beziehungen zwischen i_ε, i_ω und i' aufzudecken, um dadurch wertvolle Prüfmöglichkeiten für die meist zeichnerisch ermittelten reduzierten Trägheitsmomente herzuleiten und vielleicht diese zeichnerischen Verfahren abzukürzen.

Für diesen Zweck erweist sich vor allem das Verfahren von Lagrange als vorteilhaft. Ausgehend von den Lagrangeschen Differentialgleichungen II. Art für ein Doppelpendel (Zweischlag) gelingt es, die Bewegungsgleichungen für ein Zweikurbelgetriebe „mit losem Aufbau" aufzustellen, wenn es unter Einführung entsprechender Gelenkdrücke in zwei Zweischläge zerlegt wird. Man erhält dann nach einigen Rechnungen folgendes Ergebnis:

$$\mathfrak{M}_1 = a_{11}\, \ddot{\varphi}_1 + a_{12}\, \ddot{\varphi}_2 + \begin{bmatrix} 11 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\varphi}_1^{\,2} + \begin{bmatrix} 22 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\varphi}_2^{\,2} + 2 \begin{bmatrix} 12 \\ 1 \end{bmatrix} \dot{\varphi}_1\, \dot{\varphi}_2 \quad (2a),$$

$$\mathfrak{M}_2 = a_{21}\, \ddot{\varphi}_1 + a_{22}\, \ddot{\varphi}_2 + \begin{bmatrix} 11 \\ 2 \end{bmatrix} \dot{\varphi}_1^{\,2} + \begin{bmatrix} 22 \\ 2 \end{bmatrix} \dot{\varphi}_2^{\,2} + 2 \begin{bmatrix} 12 \\ 2 \end{bmatrix} \dot{\varphi}_1\, \dot{\varphi}_2 \quad (2b),$$

worin die

$$\begin{bmatrix} i\,k \\ l \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial\, a_{il}}{\partial\, \varphi_k} + \frac{\partial\, a_{kl}}{\partial\, \varphi_i} - \frac{\partial\, a_{ik}}{\partial\, \varphi_l} \right)$$

die Christoffelschen Dreiindizessymbole I. Art und die a_{ik} die Beiwerte der durch

$$2\, L = a_{11}\, \dot{\varphi}_1^{\,2} + a_{22}\, \dot{\varphi}_2^{\,2} + 2\, a_{12}\, \dot{\varphi}_1\, \dot{\varphi}_2 = \Sigma\, a_{ik}\, \dot{\varphi}_i\, \dot{\varphi}_k \quad . \quad (3)$$

gegebenen kinetischen Energie L des Getriebes bedeuten.

Löst man die Gleichungen (2 a) und (2 b) nach den Winkelbeschleunigungen $\ddot{\varphi}_1$ und $\ddot{\varphi}_2$ auf — φ_1 und φ_2 sind die Kurbelwinkel —, so drücken sich die $\ddot{\varphi}_i$ durch die Christoffelschen Dreiindizessymbole II. Art in äußerst übersichtlicher Weise aus. Man erhält z. B.

$$\ddot{\varphi}_1 = \frac{\mathfrak{M}_1\, a_{22} - \mathfrak{M}_2\, a_{21}}{a_{11}\, a_{22} - a^2_{12}} - \left[\begin{Bmatrix} 11 \\ 1 \end{Bmatrix} \dot{\varphi}_1^{\,2} + \begin{Bmatrix} 22 \\ 1 \end{Bmatrix} \dot{\varphi}_2^{\,2} + 2 \begin{Bmatrix} 12 \\ 1 \end{Bmatrix} \dot{\varphi}_1\, \dot{\varphi}_2 \right] \quad (4).$$

Für ein Dreikurbelgetriebe „mit losem Aufbau" ergeben sich, mit $\lambda = 1, 2, 3$, bei Zerlegung des Getriebes in drei Doppelpendel und in eine ternäre Schließe dieselben symmetrischen Formeln

$$\mathfrak{M}_\lambda = \sum_{k=1,2,3} a_{\lambda k}\, \ddot{\varphi}_k + \sum_{\substack{i=1,2,3 \\ k=1,2,3}} \begin{bmatrix} i\,k \\ \lambda \end{bmatrix} \dot{\varphi}_i\, \dot{\varphi}_k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5a),$$

$$\ddot{\varphi}_\lambda = \frac{\sum\limits_{k=1,2,3} \mathfrak{M}_k\, A_{\lambda k}}{\Delta} - \sum_{\substack{i=1,2,3 \\ k=1,2,3}} \begin{Bmatrix} i\,k \\ \lambda \end{Bmatrix} \dot{\varphi}_i\, \dot{\varphi}_k \quad . \quad . \quad . \quad (5b),$$

die sich nach meinem Ermessen auch auf Vier- und Mehrkurbelgetriebe verallgemeinern lassen.

Da sich die $\begin{bmatrix} i\,k \\ \lambda \end{bmatrix}$ durch Differentiation aus den $a_{\lambda k}$ berechnen lassen und die $\begin{Bmatrix} i\,k \\ \lambda \end{Bmatrix}$ nach eindeutiger Vorschrift aus $\begin{bmatrix} i\,k \\ \lambda \end{bmatrix}$ bestimmbar sind, so wird es vorteilhaft sein, die Werte $a_{\lambda k}$ der kinetischen Getriebeenergie in für obige Rechenmethoden zweckentsprechenden dynamischen Schaubildern in Abhängigkeit von $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$ darzustellen, wenn man nicht jedes reduzierte Trägheitsmoment einzeln nach dem Proegerschen Verfahren bestimmen will. Die Beachtung obiger Gesetzmäßigkeiten bietet wertvolle Prüfmöglichkeiten der graphodynamischen Verfahren und läßt noch Vergleiche zu mit gewissen Betrachtungen der Differentialgeometrie (Flächentheorie in Parameterdarstellung) und der allgemeinen Relativitätstheorie ($\mathfrak{M}_k = 0$ in Gleichung (5 b); geodätische Linien). [N 1677]

Zwickau Dr. phil. Rudolf Beyer

[1] Z. f. angew. Math. u. Mech., Bd. 8 (1928) Nr. 2 S. 122.
[2] Forschungsarb. herausgeg. vom V. d. I., Heft 285.

RUNDSCHAU

Gas- und Wasserversorgung

Gegenwartsfragen der Gas- und Wassertechnik

In Hamburg fand in der Zeit vom 14. bis 16. Juni 1928 die 69. Jahresversammlung des Deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern E. V. statt. Rd. 1600 Angehörige dieser Fachrichtungen aus Deutschland und einigen benachbarten Staaten nahmen an dieser Tagung teil. Die höchste Auszeichnung des Vereines, die Bunsen-Pettenkofer-Ehrentafel, wurde Dir. Wahl, Trier, wegen seiner hervorragenden Arbeiten auf dem Gebiete der Rohrleitungstechnik verliehen. In den wissenschaftlichen Verhandlungen waren wieder zwei Tage dem Gas und einer dem Wasser gewidmet[1]).

Dir. Müller, Hamburg, behandelte in seinem Vortrage

die Hamburger Gaswerke und die Gegenwartsaufgaben der deutschen Gasindustrie

zwei Fragen, nämlich die wirtschaftliche Ausgestaltung der Gaswerke und die Ferngasfrage, die den Gasingenieur besonders eingehend beschäftigen.

Ausgehend von der Entwicklung der Hamburger Gaswerke besprach Dir. Müller fünf Hauptpunkte: Tarifgestaltung, Innenleitungen und Gasgeräte, Ausnutzung des Rohrnetzes, Ferngasversorgung, Gasselbstkosten. Besonders für Großverbraucher müsse man im Zusammenhang mit der Entwicklung der Brennstoffwirtschaft und mit den Bemühungen neuer Gruppen, in die Kraft- und Wärmeversorgung einzugreifen (Braunkohle, Öl, elektrischer Strom), die Gastarife einfach und übersichtlich gestalten. Zum Ausgleich der Werkbelastung sollte man Nachttarife einführen. Der stark zunehmende Verbrauch an Gas erfordert aber auch Maßnahmen auf dem Gebiete der Innenleitungen und der Gasgeräte. Mögliche Lösungen sind: Änderung der Bauweise in Gemeinschaftsarbeit mit dem Architekten, Innenleitungen von größerer Weite oder Erhöhung des Gasdruckes. Durch Normung und weitere konstruktive Durchbildung kann man die Gasgeräte den wachsenden Anforderungen anpassen. Im engen Zusammenhang mit dieser Aufgabe muß man das Stadtrohrnetz ausbilden. Aus verkehrstechnischen und wirtschaftlichen Gründen erfordert dies weitsichtige Vorbereitung und hohe Kapitalaufwendungen.

Die Frage der Versorgung der benachbarten Orte und Landbezirke mit Gas, damit aber auch alle Aufgaben, die mit der Gasfernversorgung zusammenhängen, erörtert man überall dort, wo man über ein großes, neuzeitlich eingerichtetes und wirtschaftlich arbeitendes Gaswerk verfügt. Ausbau der Gruppengasversorgung wird daher vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern empfohlen. Aufgaben, die sorgfältig durchgearbeitet werden müssen, sind: die Reinigung des Gases, die Höhe des Druckes in den Fernleitungen, der Gasabsatz auf den Kopf der Bevölkerung, die Koksfrage, der Gaspreis, bezogen auf den Wärmewert des Gases.

Die Gasfernversorgung von einem Mittelpunkt über das ganze Reich sei nicht ratsam. Aus politischen Gründen und einer etwaigen Streikgefahr kommen über drei Fünftel des Deutschen Reiches hierfür nicht in Frage. Die technischen und wirtschaftlichen Bedenken gegen die Gasfernversorgung (u. a. Gasreinigung, Steigerung des Kopfverbrauches an Gas, Koksfrage, Gaslieferung für die Industrie) sind durch die Erörterungen des letzten Jahres noch nicht beseitigt. Ein Sortenproblem könne wohl nicht bestehen; man würde sonst nicht die geplanten großen Zentralkokereien im Ruhrgebiet mit Hochofengichtgas an Stelle von Generatorgas beheizen wollen. Die Not des Bergbaues solle man nicht angesichts der Förderungssteigerung des Auslandes auf dem gleichen Wege zu steuern suchen, sondern durch weitgehende Gasversorgung des Ruhrgebietes und der benachbarten Landgebiete, durch Aufstellung von leistungsfähigen Kohlenverflüssigungsanlagen, wodurch man von der Einfuhr von Öl und Benzin freikäme, und durch Erzeugung chemischer Stoffe unter Ausnutzung des Zechengases.

Besonders müsse danach gestrebt werden, das Gas wirtschaftlich zu erzeugen und Maßnahmen zu finden, um die Selbstkosten der Erzeugung herabzusetzen. Alle behandelten Aufgaben sollte man planmäßig weiterverfolgen, damit man in der großen deutschen Ausstellung „Gas und Wasser", die 1929 in Berlin veranstaltet wird, ein abgerundetes Bild bekommt.

[1]) Vergl. „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 71 (1928) Nr. 25 S. 601.

Dir. Kemp, Berlin, verlas den Vortrag von Generaldir. E. Körting, Berlin, über

die Rationalisierung und die Gaswerke.

Rationalisierung im Gaswerksbetriebe sollte man weniger als wissenschaftliche Betriebsführung, sondern als Erkenntnis und Durchbildung des Praktischen nach wissenschaftlichen Verfahren im einzelnen ansehen. Die Gasindustrie hat an dem grundlegenden Verfahren der trockenen Destillation der Kohle bei hoher Temperatur kaum etwas geändert. Noch heute ist das Gas Haupterzeugnis und alle übrigen Stoffe sind Nebenerzeugnis. Die Rationalisierung hat daher bei der Sortenwahl und Sortenmischung der Kohle eingesetzt, durch die sich die Gasausbeute z. B. bei den Werken der Gasbetriebsgesellschaft A.-G., Berlin, von 345 m^3 bezogen auf 1 t Kohle im Jahre 1913 auf 504 m^3/t erhöht hat. Der Nettokohlenverbrauch, bezogen auf 100 m^3 Gas, betrug 1913 150 kg, heute verbraucht man nach Verbesserung der Retortenkonstruktion rd. 100 kg. Durch Vermehrung der Maschinenleistung und Ersparnis an hochbezahlten Arbeitern sind heute trotz Einführung des Achtstundentages nur noch etwa fünf Mann für 1 Mill. m^3 jährliche Gaserzeugung gegen 6,25 Mann im Jahre 1913 notwendig. Für die Instandhaltung der Gaswerke sind nur rd. 0,8 ₰/m^3 Gas zu rechnen. Obwohl einige Einnahmequellen (Ammoniak, Benzol) fortgefallen sind und Gehälter und Löhne gegenüber dem Frieden gestiegen sind, kann man heute 1 m^3 Gas fast zu dem gleichen Betrage frei Behälter liefern wie vor dem Kriege. Gasanstalten, nach neuen Gesichtspunkten für die gleiche Leistung erbaut, sind billiger als 1913. Man müsse nach gleichmäßiger Gasabgabe streben.

Über die Strömungs- und Reaktionsvorgänge in Gaserzeugern als Grundlage für ihre konstruktive Durchbildung sprach Prof. Terres, Braunschweig. Als Ergebnis sorgfältiger wissenschaftlich-technischer Versuche stellte er fest, daß die stündliche Durchsatzleistung, bezogen auf 1 m^2 Querschnitt, am größten bei kleineren Durchmessern von Gaserzeugern ist, weil dort bei hoher Geschwindigkeit noch eine gleichmäßige Luftverteilung möglich ist. Für die Beurteilung der Verwendungsfähigkeit von Brennstoffen in Gaserzeugern ist die Korngröße in erster Linie maßgebend. Der Anteil des Kornes unter 5 mm verursacht die Flugstaubbildung und den mehr oder weniger großen Widerstand im Brennstoffbett; weit weniger von Bedeutung ist der Aschengehalt des Brennstoffes. Die wirtschaftliche Vergasung der verschiedenen Brennstoffe ist in erster Linie eine Frage der Konstruktion.

Die Vorträge am 15. Juni befaßten sich mit der

Wasserversorgung.

Dr. E. Koch, Hamburg, berichtete über die Grundwasserträger des Niederelbegebiets. Er berichtete über die Bohrversuche zur Feststellung der Schichtung des Erdbodens von Hamburg und der Bewegung des Wassers im Untergrunde. Man ist bemüht, die Hamburger Versorgung vom Oberflächenwasser auf Grundwasser umzustellen. Als bemerkenswertes Nebenergebnis der Bohrungen ist nach dem geologischen Befund mit weiteren Erdgasmengen in der Umgebung von Hamburg zu rechnen, ähnlich denen, die man 1911 in Neuengamme erbohrt hat, die jetzt aber nahezu erschöpft sind.

Dann sprach Dir. Dipl.-Ing. Holthusen, Hamburg, über das Grundwasserwerk Curslack, einen weiteren Schritt zur Loslösung der Wasserversorgung Hamburgs von der Elbe. Während in den letzten Jahren Hamburg mit etwa 21 vH Grundwasser und 79 vH filtriertem Elbwasser versorgt wurde, erhält Hamburg nach Inbetriebnahme des Grundwasserwerks Curslack 75 vH Grundwasser. Auf die bemerkenswerten Einzelheiten im Aufbau der neuen Anlage werden wir besonders zurückkommen. Seit einiger Zeit sind bereits weitere Untersuchungen im Gange mit dem Ziel, Hamburg nur mit Grundwasser zu versorgen.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers als Vorbedingung für die Korrosion und den Korrosionsschutz erörterte Dr. L. W. Hase, Berlin-Dahlem. Ausgehend von der elektrolytischen Theorie der Korrosion und von der Säurewirkung behandelte er die Bedeutung der Wasserstoff-Ionenkonzentration für die Entstehung, die Weiterentwicklung und die Geschwindigkeit der Anfressung von Metallen, die Wirkung der Kohlensäure, die Gleichgewichtsbeziehungen zwischen der Kohlensäure und den Kalksalzen des Wassers und die wissenschaftlichen Grundlagen

verschiedener Entsäuerungsverfahren (Rieselung, Filtration durch Marmor, Behandlung mit Kalkwasser). Neben den chemischen Eigenschaften, zu denen auch die Chlorung und Entchlorung des Wassers gehört, üben auch die physikalischen einen gewissen Einfluß aus; hierher gehören Temperatureinfluß, Wassergeschwindigkeit, Strömung, Reibungselektrizität, Druckschwankungen im Rohrnetz und vagabundierende Ströme. Zu den wissenschaftlichen Grundlagen für das Zustandekommen eines Rostschutzes auf einer Rohrwand gehören u. a. die Schutzkolloidwirkung und ihr Einfluß auf die Kristallbildung.

Der Vortrag von Prof. Dr. Bruns, Gelsenkirchen, über weitere Erfahrungen auf dem Gebiet der Chlorung des Trinkwassers behandelte die Beziehungen zwischen der Chlorung und den chemischen, physikalischen und bakteriologischen Eigenschaften des Wassers. Neben der Regelung der Wasserchlorung sei es Aufgabe der Forschung, Mittel zu finden, um Geschmacks- und Geruchsminderung des Wassers unbedingt zu vermeiden; denn mit Rücksicht auf die Hygiene ist die Chlorung des Wassers unbedingt notwendig.

Sodann sprach Dr. Ornstein, Berlin, über die Trinkwasserreinigung und -chlorung in Nordamerika. Hier ist das Trinkwasser hauptsächlich Oberflächenwasser. Verschiedenartig sind die Chlorungsverfahren der meist mit Schnellfiltern arbeitenden Wasserwerke. Häufig wendet man mehrfache Chlorung mit und ohne Filtration an. Mittels starker Überchlorung und nachfolgender Entchlorung tritt man den Schwierigkeiten wechselnder Wasserzusammensetzung entgegen. Im allgemeinen gelingt es, auf Grund dieser Verfahren der Bevölkerung ein in jeder, besonders in hygienischer Hinsicht einwandfreies Wasser zu liefern.

Zum Schluß berichtete Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Neißer, Frankfurt a. M., über die Bedeutung des Kolibefundes bei Grundwasser- und Quellwasserversorgung. Man sollte die Wasserentnahmestellen und Zuleitungsstränge durch ein einfaches den Kolibazillus nachweisendes Verfahren sorgfältig überprüfen, um so unter Vermeidung einer allgemeinen Chlorung oder der Abschaltung oftmals ergiebiger Leitungsstränge doch eine zureichende Überwachung der Wasserversorgungen sicherzustellen.

Die Vorträge am 16. Juni 1928 waren dem Leuchtgas aus Braunkohle und den Gasgeräten gewidmet. Über

Fortschritte in der Herstellung von Leuchtgas aus Braunkohle

sprach Dir. K. Schmidt, Halle. Die in den letzten Jahren durchgeführten Versuche, ob und wie man aus Braunkohle ein brauchbares Stadtgas herstellen kann, haben zwar noch nicht zu einer endgültigen Lösung geführt. Dagegen sind die Wege zur Lösung eng abgegrenzt und man hat die technischen Möglichkeiten für die Konstruktion der Geräte erkannt. Dr.-Ing. A. Sander, Berlin, berichtete über den gleichen Gegenstand, insbesondere über die Verwendung des Braunkohlenschwelgases, das man in den Teerschwelereien als Nebenerzeugnis gewinnt. Die älteren Schwelereien in Mitteldeutschland können z. Z. kein Gas an die Städte abgeben, da sie bei der augenblicklichen Betriebsweise keinen Gasüberschuß haben und außerdem das in den Rolleöfen erzeugte Gas einen zu geringen Heizwert hat. In den Schweldrehöfen der Firma Kohlenveredlung A.-G., Berlin, dagegen gewinnt man aus 1 t Rohbraunkohle 90 bis 100 m³ hochwertiges Gas. In den nach diesem Verfahren arbeitenden fünf Großanlagen, von denen drei in Mitteldeutschland und zwei in Oberhessen aufgestellt sind, werden demnächst rd. 100 Mill. m³ Schwelgas jährlich erzeugt, die man auch als Stadtgas verwendbar machen kann.

Den Schlußvortrag hielt Dipl.-Ing. E. Frei, Hamburg, über den Stand der Entwicklung der

Gasgeräte

und ihre Bedeutung für die Gaswerbung, wobei er die Ergebnisse seiner Untersuchungen mitteilte.

Sorgfältig durchkonstruierte Gasgeräte sind ja das beste Mittel zur Hebung des Gasverbrauchs. Bei den Brennern verschiedener Gaskocher, Brat- und Backöfen und der Gasplatten wurde festgestellt, wieviel von der zugeführten Wärme die Geräte auf das Kochgut, das Backgut oder das Bügelgut übertragen. Frei prüfte, in welchen Grenzen die Flammen dieser Brenner und damit ihre Wärmeabgabe betriebsicher regelbar sind. Wir verfügen heute über gut durchkonstruierte Kochbrenner mit einem Wirkungsgrad von 55 bis 65 vH ebenso über Brat- und Backöfen, die hohen Ansprüchen genügen. Bei den Bügeleisen gibt es einige brauchbare Konstruktionen, häufig treten jedoch noch Schwierigkeiten bei der Verbrennung des Gases auf, die man indessen leicht beheben kann. [N 2019]

Berlin Gossow

Getriebetechnik

Leistungsversuche mit einem Enor-Trieb

Der Enor-Trieb[2]) ist ein Kreiskurventrieb mit Kapse zellen. Abb. 1 bis 3, der von den Fortuna-Werken, Stuttgar Cannstatt in der Form der selbständigen Enorvorgelege od der Energatoren, die sich als Pumpe oder als Flüssigkeit motor eignen, gebaut wird, und zwar bis zu einer größt Leistung von 20 PS. Der höchste Arbeitsüberdruck beträ 10 at.

Bei den Bremsversuchen mit einem Enor-Trie für 5 PS normale Dauerleistung arbeitete die Pump unverändert mit ihrer günstigsten Drehzahl v 300 U/min entsprechend einer theoretischen Förderleistun von 429 l/min. Die Exzentrizität des Pumpenläufers b trug ständig 10 mm, die des Motorläufers wurde in 6 Stuf von 15,63 mm auf 4,06 mm verkleinert; dem entspreche theoretisch Motordrehzahlen von 192 U/min bis 740 U/mi Für jede Übersetzungstufe wurde der Öldruck auf fünf ve schiedene Größen zwischen 10,2 und 2,2 at, gemessen i Druckrohr vor dem Motor, eingestellt. Dem entsprach ei veränderte Leistungsaufnahme in der Pumpe zwischen r 10,0 und 2,8 PS. Das Drehmoment wurde an der Pumpe welle mit einem Torsionsdynamometer, an der Motorwel mit einem Bremshebel gemessen. Die Temperatur des G triebeöles wurde durch Heizung oder Kühlung gleichble bend auf 55 ° gehalten.

Solange das Getriebe noch nicht eingelaufen wa waren die Gesamtverluste besonders bei höheren Drehzahl des Motors wesentlich größer als in eingelaufenem Z stande, z. B. 35 vH gegen 29 vH bei 667 U/min der Moto welle.

Im Leerlauf verbrauchte das Getriebe 1,0 PS bei d niedrigsten Motordrehzahl (192 U/min, Schlupf = 0) u 2,29 PS bei der höchsten Motordrehzahl (730 U/min m 1,35 vH Schlupf), das sind 20 vH bzw. 45,8 vH der Norma leistung oder 10 vH bzw. 22,9 vH der Höchstleistung.

Der Leckverlust und der Schlupf wuchsen ve hältnisgleich mit der Öltemperatur und dem Arbeitsdruc z. B. von 1,19 vH bei 1 at auf 9,65 vH bei 10 at für 55 ° Ö temperatur. Die strömenden Flüssigkeitsmengen und d Drehzahlen im normalen Bereich hatten keinen Einfluß; er bei ganz langsamem Lauf nahm der Schlupfverlust zu, we die dichtende Anpressung der Flügel durch die Fliehkra wegfiel. Am Schlupfverlust hatten Pumpe und Motor ung fähr gleichen Anteil entsprechend gleichen Baugrößen.

Infolge mechanischer Reibung im Triebwe stellten sich Verluste bei der Umsetzung von mechanisch in hydraulische Leistung oder umgekehrt ein; sie betruge in der Pumpe 3,7 vH, im Motor 9,0 vH bei einer theor tischen Motordrehzahl $n_{2\text{theor.}} = 192$ U/min und bis 15,1 vH bei $n_{2\text{theor.}} = 740$ U/min, auf die größte Leistung aufnahme von 10,25 PS bezogen.

Die hydraulische Reibung in den sehr kurz und freien Strömungskanälen vernichtete rd. 2 bis 4 vH d Höchstleistung.

Die gesamten Getriebeverluste zeigt Abb. 4. Die sta ausgezogene Kurve kennzeichnet die nutzbare Motorleistun PS_e und gleichzeitig den Gesamtwirkungsgrad η für 10 Öldruck im Getriebe entsprechend einer Leistungsaufnahm

[1]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 1107 u. f. und Sonderheft „Getrieb VDI-Verlag, Berlin 1928, S. 39.

[2]) s. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 748, Bd. 72 (1928) Nr. 33 S. 1168.

Abb. 1 bis **3**
Energator „AV".

Abb. 4
Wirkungsgrad η, Einzelverluste und Nutzleistung PS_e des Enor-Triebes mit Motorregelung bei größter Antriebleistung (10 PS), Nutzleistungen PS_e bei verschiedenen Antriebteilleistungen.

der Pumpe von 10 PS und einer nutzbaren Höchstleistung des Motors von 7,5 PS. Sie verläuft für einen weiten Bereich der niedrigeren Motordrehzahlen ziemlich flach (η zwischen 75 und 80 vH) und fällt erst bei den höchsten Motordrehzahlen schnell ab. Bei niedrigeren Arbeitsdrücken wurden die mechanischen und hydraulischen Reibungsverluste verhältnismäßig größer; da sich aber der Schlupfverlust verringerte, blieb der Gesamtwirkungsgrad für kleinere Leistungen bis rd. 60 vH der Höchstleistung, d. s. 4,5 PS_e bei 6 at, nahezu unverändert. Bei noch kleineren Leistungen wuchsen aber die Gesamtverluste schnell an. Die Aufteilung in Einzelverluste gilt nur für die PS_e-(10 at-)Linie.

Die für den Betrieb günstigste Öltemperatur kann man aus Abb. 5 ermitteln. Um die Abhängigkeit der Gesamtverluste von der Öltemperatur zu erkennen, wurden sie aus den Leerlaufverlusten und dem Schlupf bei bestimmtem Betriebsdruck zusammengesetzt. Bei der Höchstleistung und der niedrigsten Motordrehzahl betrug die günstigste Temperatur 44 °, für die höchste Drehzahl 64 °; bei Teilleistungen lagen die günstigsten Temperaturen etwas höher.

Auf Grund der im Versuch mit reiner Motorreglung festgestellten Verluste stellte man das Verhalten des gleichen Getriebes bei reiner Pumpenregelung fest und trug die Abhängigkeit der Leistung und des Wirkungsgrades von der zwischen 0 mm und ihrem Größtwert 10 mm veränderten Pumpenexzentrizität e_1 auf, Abb. 6; die Pumpendrehzahl wurde gleichbleibend zu 300 U/min angenommen.

Abb. 5
Bestimmung der günstigsten Öltemperaturen, S Schlupf, Σ_{max} Summe aller Verluste bei Höchstleistung des Triebes, e_2 Exzentrizität des Motors.

Abb. 6
Wirkungsgrade η und Nutzleistungen PS_e des Enor-Triebes bei Pumpenregelung für verschiedene Arbeitsdrücke, Einzelverluste bei 10 at. PS_i hydraulische Pumpenleistung.

Abb. 7
Leistungsfeld des 5 PS_e-Enor-Triebes.
Leistung, Schlupf und Motordrehzahl für den gesamten Regelbereich sowie Drehmoment M_d für 5 PS_{konst} von 112 bis 685 U/min.

Die Kurven zeigen den Leitungsverlust von der Antriebleistung PS_a bei 10 at, auf die hydraulische Pumpenleistung PS_i bei 10 at, weiter auf die Nutzleistung PS_e bei 10 at an der Motorwelle, dazu für andre Betriebsdrücke die entsprechenden Motornutzleistungen PS_e. Der Wirkungsgrad η hatte seinen höchsten Wert bei 8 at Öldruck; er fiel bei kleineren Exzentrizitäten zunächst langsam ab, lag aber, außer bei 2 at, bis $e = 6$ mm immer zwischen 0,7 und 0,8. Ohne den Wirkungsgrad wesentlich zu verschlechtern, konnte man also zunächst durch reine Motorregelung die Drehzahl der Motorwelle vom Höchstwert auf ¼ und dann weiter durch Pumpenreglung noch auf ⅙ der Höchstdrehzahl herabsetzen[3]).

Im Leistung-Schlupf-Schaubild, Abb. 7, wird von der PS_e-(10 at-)Linie und der Abszisse das Leistungsfeld des betreffenden Enor-Triebes umgrenzt, innerhalb dessen man jeden durch Nutzleistung und Motordrehzahl gekennzeichneten Betriebzustand mit der vereinigten Motor- und Pumpenreglung beherrschen kann. Die Kurven gleichen Druckes geben den zu jedem Betriebzustand gehörenden Öldruck an; außerdem zeigt der wagerechte Abstand zwischen den senkrechten Linien gleicher Drehzahl und den nach links geneigten Schlupflinien den Drehzahlverlust durch Schlupf an, der für ein gut ausgeführtes Getriebe nur um höchstens 1 vH von dem berechneten Wert abweichen soll.

Ludwigshafen a. Rh. [M 1777] Dipl.-Ing. J. Ritter

[3]) Vergl. Kutzbach, Die Reglung bei stufenlosen Umformern, Sonderheft „Getriebe", S. 36.

Elektrotechnik

Das Pupin-Seekabel Deutschland-Schweden (1927)

Zur Verbindung der Fernsprech-Verstärkerämter Stralsund und Malmö ist Ende vorigen Jahres ein neues Pupin-Seekabel verlegt und in Betrieb genommen worden[1]). Seine Gesamtlänge beträgt 160,86 km; davon entfallen 16,52 km auf das deutsche Landkabel Stralsund – Zarrenzin, 117,20 km auf das Seekabel Zarrenzin – Kämpinge und 27,14 km auf das schwedische Landkabel Kämpinge – Malmö.

Das Kabel enthält 48 Adern (12 Vierdrahtverbindungen), Abb. 8 und 9; jede Ader besteht aus einem 1,5 mm

[1]) Geliefert von Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim. Vergl. a. „Europ. Fernsprechdienst" Januar 1928 Heft 7 S. 20.

a Schiemannsgarn
b Bewehrungsdrähte
c Bleimantel
d Gummipolster
e Zuführungsdrähte der Spulen
f Gummibecher
g Spule in Ansicht
h Spule im Schnitt
i Dehnungsstück
k Lötstelle

Abb. 10
Schnitt durch ein Pupinspulenstück unter Blei mit 24 Spulen des Seekabels Deutschland-Schweden (1927).
Gesamtlänge rd. 5 m, Gewicht 185 kg.

Abb. 8 und **9**
Querschnitt des Seekabels Deutschland-Schweden (1927), von Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G. Gewicht 10,05 kg/m, 12 sternverseilte Vierdrahtgruppen.

Abb. 8. Seekabel
a 27 verzinkte Eisendrähte, 5 mm Dmr.
b Bleimantel ohne Zinnzusatz
c Vollkupfer 1,5 mm Dmr.
d metallisiertes Papier

Abb. 9
Bewehrtes Kabel
a 23 verzinkte Flacheisendrähte, 2 mm dick
b Bleimantel mit 1 vH Zinnzusatz

dicken Vollkupferdraht, der mit einer Papierschnur und darüber mit zwei sich überlappenden Papierbändern bewickelt ist. Je vier Adern sind zu einem Sternvierer verseilt und mit zwei Papierbändern zusammengehalten; außerdem ist jeder Vierer mit einem elektrostatischen Induktionsschutz aus metallisiertem Papier umwickelt. Die zwölf Vierer werden durch ein Nesselband zusammengehalten, in das Kupferdrähte eingewebt sind, die zwischen dem metallisierten Papier, mit dem die Vierer umwickelt sind, und dem Bleimantel die erforderliche elektrische Verbindung herstellen, damit beide gleiches Potential haben. Der Bleimantel des Seekabels konnte mit Rücksicht auf den nur niedrigen Wasserdruck (höchstens 6 at) dünn sein.

Von dem Landkabel wurden insgesamt 3296 m (2730 m auf deutscher, 566 m auf schwedischer Seite) in Röhren verlegt; dies Röhrenkabel hat einen 2,5 mm dicken Bleimantel mit 3 vH Zinnzusatz und ist nicht bewehrt. Die andern Landkabelstrecken sind nach Abb. 9 ausgeführt.

In Abständen von je 2200 m sind 73 Pupinspulenstellen mit je 24 Spulen eingebaut. Auf dem Lande befinden sich 20 Spulenstellen in der üblichen Ausführung mit Spulenkästen; in dem Seekabel befinden sich 53 Spulenstellen unter Blei, Abb. 10. Diese Spulenstellen unter Blei sind biegsam, so daß sie leicht über die Auslegerollen des Kabelschiffs laufen. Die Pupinspulen haben eine Induktivität von 0,036 H und einen Wirkwiderstand von 3 Ω bei einer Kreisfrequenz $\omega = 5000$ und 1 mA Meßstromstärke; ihre Kerne bestehen aus gepreßtem Eisenpulver.

Die Messungen an dem verlegten Kabel haben ergeben, daß es alle Anforderungen vollkommen erfüllt; insbesondere erwies sich die elektrische Abschirmung der einzelnen Vierdrahtgruppen mittels metallisierten Papiers als sehr zweckmäßig zur Erhöhung der Nebensprechfreiheit.

[M 1876] Pa.

Werkstoffe

Prüfung und Eigenschaften von Stählen mit physikalischen Besonderheiten

Das Eisen und seine Legierungen bietet — wie kaum ein andrer Werkstoff — eine große Anzahl von auffallenden Besonderheiten in seinen physikalischen Eigenschaften. F. Stäblein[1]) gibt einen Überblick darüber, wie man die physikalischen Eigenschaften durch Legierung und Vorbehandlung verändern kann. Wohl am wichtigsten ist das Verhalten in magnetischen Feldern; gerade in dieser Beziehung werden die verschiedensten Anforderungen gestellt. Bei Stahl aller Art für elektrische Maschinen[2]) ist ein leicht magnetisierbarer Werkstoff mit größter Sättigung erwünscht; da jedoch unlegiertes Eisen, bei dem letzteres zutrifft, im allgemeinen nicht die gewünschte Festigkeit aufweist, so wird hohe magnetische Sättigung, zugleich mit genügender Festigkeit, durch Zusatz von einigen Hundertteilen Nickel und Chrom erreicht. Dynamo- und Trans[-]formatorenbleche sollen außer hoher Sättigung gering[e] Magnetisierungsverluste haben. Diese erreicht man durc[h] Zusatz von 4 vH Silizium; hohe Koerzitivkräfte, wie sie fü[r] Dauermagnete notwendig sind, durch Zusatz von 30 bi[s] 50 vH Nickel. Große Anfangspermeabilitäten, wie sie vo[r] allem in der Fernsprechtechnik eine große Rolle spielen werden bei Eisen-Nickel-Legierungen mit 70 bis 80 v[H] Nickel erreicht; hier erhält man Werte bis 12 000 bei[m] Permalloy (78 vH Ni) bei geeigneter Wärmebehandlung[3]).

Praktisch unmagnetisierbar sind Stähle mit Zusatz vo[n] Nickel und Mangan, wodurch die Umwandlung des γ-Eisen[s] in das α-Eisen unterdrückt wird. Ein kennzeichnendes Be[i]spiel für einen solchen austenitischen Stahl ist der bekannt[e] Kruppsche nichtrostende V2A-Stahl. Die höchste magneti[-]sche Sättigung dagegen findet man bei den Eisen-Kobalt[-]Legierungen. Während sonst jeder Legierungszusatz di[e] Sättigung verringert, tritt bei Zusatz von Kobalt eine Er[-]höhung ein. Bei Legierungen mit 30 bis 50 vH Kobalt er[-]hielt man Sättigungsintensitäten von rd. 24 000, während reines Eisen eine solche von 21 600 hat.

In eigenartiger Weise hängt die thermische Ausdehnun[g] der Eisen-Nickel-Legierungen vom Nickelgehalt ab. Be[i] 36 vH Nickel ist die Ausdehnungszahl nahezu nul[l]. Durch geeignete Vorbehandlung lassen sich sogar negativ[e] Werte erreichen. Ein gutes Bimetall, das in der Elektro[-]technik viel zu selbsttätigen Schaltern usw. verwendet wir[d], liefert Zusammenschweißen von Stahl mit 25 und 36 v[H] Nickel.

Von Wichtigkeit ist endlich der spezifische elektrisch[e] Widerstand des Eisens und seine Veränderung, die die Tem[-]peratur sowie der Zusatz von anderen Elementen hervorruf[t]. Durch Zusatz wird der Widerstand des reinen Metalls er[-]höht, und zwar bei nicht zu großen Gehalten durch gleich[e] Atomanteile irgend eines Fremdstoffes um gleich vie[l] (Benedickssche Regel). Stäblein gibt ein übersichtliche[s] Kurvenbild, das die Abhängigkeit des spezifischen Wider[-]standes des Eisens von den verschiedensten Zusätzen (i[n] Gewichtsteilen des Zusatzelementes) darstellt. Für die Ab[-]hängigkeit von der Temperatur gilt im vorliegenden Fall i[m] allgemeinen, daß die Temperaturzahl um so kleiner sei[n] muß, je höher der Widerstand bei Zimmertemperatur wa[r]. In der Nähe von 1000 °C haben alle Eisenlegierungen an[-]nähernd den gleichen Widerstand von 1,1 bis 1,3 Ω mm²/m, was in der Elektrotechnik ausgenutzt wird. [N 1869]

Berlin A. Schulze

Werkzeugmaschinen

Schleifmaschine mit Drehtisch von 1828 mm Dmr.

Eine eigenartige schwere Schleifmaschine mit senk[-]rechter Schleifspindel zeigte die Lumsden Machine Co., Gates[-]head, in der Olympia-Ausstellung, London. Über dem dreh[-]baren Schleiftisch von 1828 mm Dmr. befindet sich ein tor[-]ähnlicher Rahmen, der auf der einen Seite von einer runden Säule, auf der andern von einer rechteckigen Säule mi[t] Gleitflächen gebildet wird und in der Mitte des Quer[-]balkens den Schleifmotor mit senkrechter Welle und 60 P[S] Leistung bei 500 U/min trägt.

Die Schleifscheibe von 914 mm Dmr. wird von einem Querarm getragen, der an der runden und den Gleitflächen der rechteckigen Säule gleitet und einen größten Durch[-]gang von 914 mm zwischen Aufspanntisch und Schleif[-]scheibe gestattet; das Gewicht des Querarmes wird durch ein Gegengewicht ausgeglichen. Die Schleifscheibe wir[d] mit dem Arm zusammen selbsttätig oder mit der Hand vor[-]geschoben und hat Eilvorschub. Den Tisch dreht ein be[-]sonderer Motor mittels Riemens, Rädervorgeleges un[d] Schnecke mit 4 oder 6½ U/min. Es ist vorgesehen, da[ß] auf den mit T-Schlitzen versehenen Tisch eine Magnet[-]spannplatte aufgesetzt werden kann. („American Machi[-]nist" 8. September 1928 S. 63E*) [N 2027 a] Pa.

[1]) Zeitsch. f. techn. Phys. Bd. 9 (1928) Nr. 4 S. 145.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1539.
[3]) Vergl. E. Gumlich, W. Steingans, A. Kußmann un[d] B. Scharnow, Elektr. Nachrichtentechnik Bd. 5 (1928) Nr. 2 S. 83.

Kleine Mitteilungen

Betriebsergebnisse eines Kessels mit neuartiger Brennkammer

Beim Umbau eines 567 m²-Viertrommelkessels mit Rostfeuerung in einen solchen mit Kohlenstaubfeuerung in einem amerikanischen Werk entstand eine Brennkammer, deren ungewöhnliche Form durch das Bestreben bedingt war, möglichst viele Teile der alten Anlage unverändert zu lassen und Raum für die Mühle und das Gebläse zu schaffen. Die Kammer hat im Längsschnitt die Form eines auf der Kante stehenden Rhombus, das vordere Wasserrohrbündel bildet den hinteren Abschluß, der Kühlrost besteht aus geneigten, unverkleideten Rohren, die durch ein 203 mm-Rohr mit der oberen vorderen Trommel verbunden sind. Der Kessel ist jetzt 1½ Jahre in Betrieb, ohne daß Ausbesserungen erforderlich waren. Der Umbau brachte 9 vH Brennstoffersparnis und rd. 30 vH Leistungssteigerung, während die Bedienung auf die Hälfte und die Erhaltungskosten auf ein Drittel vermindert werden konnten.

Die Erfahrungen mit verschiedenen Brennern, die gegenüber dem Kühlrost liegen, zeigten den Einfluß der Flammenlänge auf die Dampferzeugung und die Vollständigkeit der Verbrennung. Eine Anordnung, bei der die Flamme den Kühlrost gerade gut erreichte, ergab nur 1 bis 2 vH Verlust durch Unverbranntes. Bei Kohlen mit 1230 ° Aschenschmelztemperatur mußte die Belastung im Vergleich zu solchen mit 1450 ° Schmelztemperatur um 22 vH verringert werden, damit kein Schlackenansatz entstand. Zur Verbrennung derartiger Kohlen müßten die Vorderwand und das Gewölbe der Brennkammer gleichfalls Wasserkühlung erhalten, während die Luftvorwärmung in die Seitenwände zu verlegen wäre. („Power“ 28. August 1928 S. 346*) [N 2027 b] Le.

Versuchsfahrten mit neueren Ljungström-Turbinenlokomotiven

Auf den Argentinischen Staatsbahnen werden seit dem Jahr 1925 Versuchsfahrten mit einer Ljungström-Turbinenlokomotive durchgeführt[1]). Zum Unterschied von den in einigen andern Ländern (England, Schweden) verkehrenden Ljungström-Lokomotiven hat die argentinische Ölfeuerung. Die von der Erbauerin, Nydquist & Holm, Trollhättan, Schweden, zugesicherte Brennstoffersparnis von 50 vH gegenüber der Kolbenlokomotive während der kalten Jahreszeit wurde auch erreicht, ebenso der stündliche Wasserverbrauch von 200 l/h. Kesselstein fand sich nicht vor. Gerade der geringe Wasserverbrauch macht die Lokomotive besonders geeignet für den Eisenbahnverkehr in den wasserarmen Gegenden Argentiniens.

Vergleiche mit den 1921 mit der ersten schwedischen Ljungström-Lokomotive gewonnenen Versuchsergebnissen zeigen, daß auch ihr gegenüber Fortschritte durch das neue Baumuster erzielt wurden. Sie unterscheidet sich nur wenig von der schwedischen Lokomotive[2]). („Railway Age“ 18. August 1928 S. 315*) [N 2027 c] Ro.

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1923) S. 575.
[2]) Vergl. Z. Bd. 65 (1922) S. 1060, Bd. 68 (1924) S. 938 und Sonderheft „Eisenbahnwesen“ Berlin 1925, VDI-Verlag, S. 19.

Vereinigter Abdampf- und Abgasvorwärmer für Lokomotiven

Versuche mit hintereinander geschaltetem Abdampf- und Abgasvorwärmer Bauart Bredin-Burnell macht die Irische Große Südbahn. Der Abdampf-Röhrenvorwärmer liegt zwischen den Rahmen. Der nicht niedergeschlagene Abdampf wird durch ein Rohr in die Rauchkammer geführt, deren Saugwirkung so die Dampfzuführung zum Vorwärmer unterstützen soll. Der Abgasvorwärmer besteht aus zwei rechteckigen von Rohren durchzogenen Kasten zu beiden Seiten der Rauchkammer. Diese ist durch Drehtüren, die vom Führerstand aus geöffnet und geschlossen werden können, in zwei Räume geteilt, deren vorderer den Schornstein trägt. Bei geöffneten Türen geht der Gasstrom in üblicher Weise unmittelbar in den Schornstein, bei geschlossenen Türen muß er den Umweg durch die Rohre der Abgasvorwärmer nehmen.

Eine Niederdruckpumpe fördert das Wasser durch den Vorwärmer, eine Hochdruckpumpe in den Kessel; beide sind von der üblichen schwungradlosen Bauart. Ein selbsttätiges Ventil regelt die Geschwindigkeit beider Pumpen, und zwar so, daß die Niederdruckpumpe stets etwas mehr liefert. Ein Ausgleichbehälter auf dem Kessel zwischen Abgasvorwärmer und Hochdruckpumpe bewirkt stets genügende Füllung der Abgasvorwärmer und dient gleichzeitig als Sammler für ausgeschiedene Gase. Etwaiger Wasserüberschuß fließt mit den Gasen in den vorderen Tenderteil, der von dem übrigen Raum durch eine Wand mit genügend Öffnungen für den Zufluß des Wassers zu den Speisepumpen getrennt ist. Der Einrichtung wird die Möglichkeit einer weitgehenden Regelung je nach den Arbeitslagen der Lokomotive nachgerühmt. (The Railway Gazette Bd. 49 (1928) S. 181) [N 2027 d] M.

Kohlenstaubfeuerung an Bord

Auf dem Frachtschiff „Stuartstar“, dessen Kesselanlage zwei Einend- und zwei Doppelend-Zylinderkessel mit je vier Flammrohren für 14 at Kesseldruck ohne Überhitzung umfaßt, ist ein Einend-Kessel mit einer Kohlenstaubfeuerung, Bauart Woodeson, ausgerüstet worden.

Auf der siebenwöchigen Reise nach Südamerika hat man Northumberland-Gruskohlen mit einem Heizwert von 7170 kcal/kg, einem Aschengehalt von 13 vH und einem Feuchtigkeitsgehalt von 2 vH verwendet, die ungefähr 6 ℛℳ/t billiger als die für Handfeuerung gebrauchten Kohlen waren.

Auf dieser Reise wurden im Mittel täglich 14 t Kohlenstaub verbraucht, gegen 16 t Stückkohle bei Handfeuerung in einem ähnlichen Kessel. Der Kraftbedarf der Staubmühle beträgt nicht mehr als 1 PS/t. Der Kesselwirkungsgrad von 80 vH war um 15 vH höher als bei Handfeuerung. Die Rauchgasuntersuchung ergab 15 bis 17 vH CO_2 und 0,5 vH CO gegen 8 vH CO_2 bei Handfeuerung. Der Kessel hat 364,7 m² Heizfläche, 5,7 m² Verbrennungsfläche in jedem Flammrohr. Die Temperaturen im Verbrennungsraum betrugen 1330 bis 1395 °, die Rauchgastemperaturen 321 °, in der Rauchkammer gemessen. („The Engineer“ 7. September 1928 S. 245) [N 2027 e] Ls.

Eisenbetonbrücke mit einem Bogen von 73 m Spannweite

Die neue Brücke bei Belluno, Italien, überspannt mit einem einzigen Bogen von rd. 5 m Breite und 1,5 bis 1,8 m Höhe den Piave. Die oben geführte Fahrbahn ruht über Flußmitte in rd. 25 m Länge festverbunden auf dem Bogen und stützt sich zu beiden Seiten auf je elf Reihen von fünf Säulen. Um die infolge der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen eintretenden Spannungen möglichst auszugleichen, hat man die beiden Uferteile der Fahrbahn von dem Mittelstück durch einen schmalen Spalt getrennt und außerdem die Säulen der drei kürzesten Reihen nächst dem Mittelteil in drei einzelne, übereinander liegende Teile aufgelöst. Zu beiden Seiten des 5 m breiten Fahrweges ist noch je ein Fußweg angeordnet, der am Ufer 1 m breit ist und sich nach der Mitte zu aus schönheitlichen Gründen etwas verbreitert.

In Anbetracht der verhältnismäßig weiten Spannung des Bogens wurde vor dem Ausgießen die Schalung in der Mitte abweichend von der geplanten Bogenform etwas überhöht, so daß der fertiggegossene Bogen nach Entfernung des Lehrgerüstes auf die gewünschte Form zusammenschrumpfen konnte und infolgedessen keine übermäßigen Spannungen auftraten. („Engineering“ 7. September 1928 S. 303*) [N 2027 f] Sd.

Versuche mit dem Glutin-Mikrometer nach Greiner

Für das Gerät der Firma C. Greiner, Neuß a. Rh., das man vielfach für die Gütebestimmung von Leimen verwendet, wird von Prof. I. Stamer, Berlin-Dahlem, eine neue Auswertung der gefundenen Versuchsergebnisse angegeben. Bei der vorgeschlagenen Art braucht man gegenüber der bisher üblichen Bestimmung der Greiner-Grade keinen wesentlichen Mehraufwand an Zeit. Man bestimmt die Abhängigkeit der mittleren Flächenpressung der Kugel von der Eindringtiefe der Kugel bei verschiedenen Kugelbelastungen. Beim Auftragen der Prüfbefunde in einem Koordinatensystem ergeben sich gerade Linien. Die Neigung dieser Geraden ergibt die Gütezahl der betreffenden Leimsorten.

Die vorgeschlagene Versuchsauswertung vermeidet eine Reihe von Schwierigkeiten, die bisher der Benutzung des Gerätes anhafteten, und liefert auf alle Fälle miteinander vergleichbare Versuchsangaben. („Sperrholz und Fournier“ 30. Juni 1928 Nr. 12 S. 393) [N 2027 g] De.

Das Illingworth-Verkokungsverfahren

Die Hauptschwierigkeiten bei der Tieftemperaturverkokung liegen in dem Aufblähen der Kohlen, die sich am stärksten bei etwa 600 °C ausdehnen, also etwa bei der Temperatur, bei der die Retorten entladen werden sollen. Illingworth versuchte nun, das Aufblähen der Kohlen, das die Entleerung erschwerte und teilweise unmöglich machte, zu regeln. Das Verfahren sieht hierzu drei Wege vor oder

auch in gewissen Grenzen eine Verbindung zweier oder der drei Wege. Man mischt eine genau vorher bestimmte Menge von verkokbaren und nicht verkokbaren Kohlen, oder wärmt die Kokskohle vor dem Einbringen in die Retorte vor, oder aber mischt einen neutralen Stoff, z. B. Koksgrus, bei.

Die Öfen haben rechteckige senkrechte Retorten, da diese infolge ihrer dünnen Wandungen am günstigsten die Wärme übertragen; außerdem hat man noch I-förmige Gußträger eingebaut, die jedoch nicht mit dem Heizraum verbunden sind, sondern nur durch Strahlung wirken. Die Retorten heizt man mit Gas, das in einzelnen Gaserzeugern aus Retortenkoks gewonnen wird; bei größeren Anlagen verwendet man Sammelgaserzeuger. Der Koksverbrauch beträgt bei Einzelgaserzeugern 6 bis 7 kg, bezogen auf 100 kg verkokte trockene Kohle. Die Verbrennungsluft wird in Regeneratoren vorgewärmt; jeder der Beheizungsräume liegt zwischen zwei Retorten. Diese sind unten mit ausgeglichenen selbstdichtenden Verschlüssen versehen.

Im allgemeinen wird 8 vH Koksgrus beigemischt. Vergast wird bei 600 °C. Eine Retorte faßt 3,5 t. Die Vergasungsdauer beträgt 10 bis 12 h, je nach Art der Kohle. Die Fülltrichter für die Rohkohle haben drehbare Verteilerscheiben und liefern die Kohle auf ein Förderband, das sie zum Mischraum bringt. Unterhalb der Retorten läuft ein geschlossener drehbarer Wagen mit Eigenkraft, Getriebe und Kupplung zum Fahren und Drehen, den man als Abkühlungsraum, Trockner und Fördermittel verwendet. In diesen Wagen wird zuerst die Rohkohle aus dem Mischraum eingefüllt und dann auf diese der Koks aus der Retorte entladen, um die Rohkohle vorzutrocknen. („Iron and Coal Trades Review“ 7. September 1928 S. 323)
[N 2027 h] Ste.

Herstellung von Weißpausen

Die wie üblich belichteten Pausen werden mittels einer Entwicklerflüssigkeit durch eine besondere Maschine entwickelt. Das Verfahren beruht darauf, daß sich in den belichteten Teilen ein löslicher Farbstoff bildet. Die Maschine besteht im wesentlichen aus einem endlosen Gummiband, auf dem fest angepreßt eine befilzte Walze läuft. Der Filzbezug der Walze ist mit dem Entwickler durchtränkt. Zwischen der Walze und dem mit etwas geringerer Geschwindigkeit sich bewegenden Gummiband läßt man die belichtete Pause durchgehen. Damit das Papier sicher mit der Entwicklerlösung in Berührung kommt, läuft vor der Einzugwalze noch eine zweite Rolle im umgekehrten Drehsinn, die, leicht gegen das Papier angedrückt und ebenfalls mit Entwicklerlösung durchtränkt, eine gute Verteilung des Entwicklers bewirkt.

Die Pause ist, wenn sie die Maschine verläßt, voll durchentwickelt und so gering angefeuchtet, daß man sie sofort zur Benutzung weitergeben kann. Die Pausen sollen nicht teurer als gewöhnliche Blaupausen sein. („The Engineer“ 11. Mai 1928 S. 525 und 7. September 1928 S. 267)
[N 2027 i] Schr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 298. H.: **Beitrag zur Mengenmessung strömenden Dampfes mittels Stauringen.** Von Walter Pflaum. Berlin 1928, VDI-Verlag. 41 S. m. 59 Abb. Preis 5 *RM*.

Die sehr gründliche und umfassende Untersuchung[1]) beschränkt sich auf den Stauring, d. i. den Teil des Dampfmessers, in dem der Staudruck erzeugt wird, und schließt damit in geschickter Weise an das in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 24 S. 866 besprochene Forschungsheft 297 von Kreutzer an. Pflaum untersucht den Einfluß des Öffnungsverhältnisses, des Rohrdurchmessers, des Dampfzustandes und der Stauringabmessungen auf die Durchflußzahl. Leider war es infolge der Eigenart des verwendeten Stauringes (die von Siemens & Halske, A.-G., gebrauchte Form) nicht möglich, die Versuche auf der Grundlage des Ähnlichkeitsprinzipes auszuwerten, wie es auch zu bedauern ist, daß nicht die vom Verein deutscher Ingenieure in den Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren empfohlene Stauringform wenigstens mit untersucht wurde. Doch gelang es dem Verfasser, durch Umrechnung seine Versuche mit denen andrer Beobachter zu vergleichen und allgemeinere Schlüsse daraus zu ziehen. Besonders wertvoll scheinen die Untersuchungen über Druckrückgewinn und Druckverlust, sowie über den Einfluß der Druckentnahmestellen zu sein.

Die Arbeit bietet manche nützlichen Beiträge zur Kenntnis der Strömungsmesser, deren planmäßige Untersuchung so dringend geworden ist, daß der Verein deutscher Ingenieure kürzlich einen eigenen Ausschuß dafür gegründet hat[2]). [E 1925] Erk

Die Hochleistungs-Dieselmotoren. Von M. Seiliger. Berlin 1926, Julius Springer. 240 S. m. 196 Abb. Preis 18,90 *RM*.

Aus den vielfältigen Entwicklungsmöglichkeiten greift der Verfasser eine heraus und behandelt die Erhöhung der spezifischen Leistung, in der er das Merkmal des Hochleistungs-Dieselmotors sieht. Die Beschränkung auf ein solches Teilgebiet gestattet ihm, sich gründlicher mit den einschlägigen Fragen zu beschäftigen, als es im Rahmen eines Buches über den Dieselmotor im allgemeinen möglich wäre.

Ausgehend von einer Einteilung des Arbeitspieles einer Verbrennungskraftmaschine in den Vorbereitungs- (Auspuff- und Ladevorgang) und den Arbeitsteil (Verdichtung, Verbrennung, Expansion), wird der klassische Dieselprozeß wie auch der Prozeß mit Aufladen hinsichtlich der Arbeitsweise untersucht; hierbei wird von Fluchtlinientafeln und einer Darstellung von Zustandsänderungen in logarithmischem Koordinatensystem Gebrauch gemacht, die aus des Verfassers Buch „Graphische Thermodynamik und Berechnung der Verbrennungsmaschinen“ zwar bekannt sein dürften, aber doch gegenüber den sonst üblichen Berechnungsverfahren eine Umstellung in der thermodynamischen Betrachtungsweise erfordern.

Nach einem kurzen Hinweis auf die Steuerung der Hochleistungsmaschinen mit Aufladeverfahren sind zwei umfangreiche Kapitel der Kraftübertragung bei Schiffen und Lokomotiven gewidmet. In beiden Fällen — mit Ausnahme der Kriegsschiffe — beweist der Verfasser die Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit des unmittelbaren Antriebs. Ein weiterer Abschnitt bringt eine große Zahl von Großdieselmotoren in- und ausländischen Ursprungs in textlicher und bildlicher Behandlung und gibt damit einen gedrungenen Überblick über die rasche Entwicklung des Dieselmotors innerhalb der beiden letzten Jahrzehnte.

Der Eindruck des Buches wird leider durch mannigfache Unvollkommenheiten, namentlich in der ersten Hälfte, geschmälert. Die Angabe von Dimensionen fehlt mitunter, vielfach sind die Dimensionen falsch oder Größenordnung von Zahl und Dimension nicht gleichgeordnet (Durchmesser und Hub).

Viele Zahlentafeln sind mangels genügender Spaltenbezeichnung unklar. Daß man gewisse fremdsprachliche Eigentümlichkeiten aus der Handschrift übernommen hat, stört beim Lesen und kann mitunter zu Mißverständnissen führen. Neben dem teilweise ungewohnten Deutsch scheint der Erfolg neuer Wortbildungen (z. B. der „Saug“) etwas zweifelhaft.

Umgekehrt sollte man fremde Ausdrücke, z. B. die Bezeichnung der Einblaseluft mit Pulverisationsluft, nicht in einem Buche erwarten, das sich an eine deutsche Leserschaft wendet. [E 1939] Leitner

„Hütte“, des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgeg. vom Akademischen Verein Hütte E. V., Berlin. 25. Aufl. 3. Bd. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 1203 S. m. Abb. Preis geb. 15,60 *RM*, in Leder geb. 18,60 *RM*.

Dieser Band enthält in gewohnter Weise das Bauingenieurwesen und die gesamte Eisenbahnkunde; gegenüber den früheren Auflagen sind das Vermessungswesen in den 1. Band abgewandert und neu aufgenommen: Erd- und Tunnelbau (insbesondere Kalkulation), Garagenbau, Sicherungswesen, elektrische Vollbahnen, Öllokomotiven und Eisenbahnwerkstätten. Vorschriften und Normen sind etwa bis Ende 1927 berücksichtigt. Alle Abschnitte sind zum Teil wesentlich überarbeitet. Im Abschnitt Statik sind die Einflußlinien für schräge Kräfte und der durchlaufende Balken auf elastischen Stützen dazugekommen; der Grundbau ist leider etwas knapp geraten; Eisenbetonbau ist völlig neu bearbeitet und enthält z. B. die Geyerschen Tafeln in einer für alle Eisenspannungen brauchbaren Form. Sehr ausführlich ist der Abschnitt Hochbau. Heizung und Lüftung, Fabrikanlagen sind recht wertvoll und zeitgemäß.

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 37 S. 1297.
[2]) VDI-Nachr. 1928 Nr. 29 S. 3.

etwas knapp, wenngleich sonst ausgezeichnet ist der Abschnitt Baumaschinen; der Quellennachweis und die kurzen Hinweise betreffend Baustelleneinrichtung sind aber immer noch nicht das, was der Ingenieur auf der Baustelle von einem Taschenbuch erwartet; Firmenkataloge leisten zum Teil hierin bereits viel Brauchbareres.

Die jüngste Literatur berücksichtigen die Abschnitte Wasserbau, Wasserkraftanlagen und Talsperren. Straßenbau, Städtebau, Wasserversorgung, Städteentwässerung sind ebenfalls als durchaus neuzeitig anzusprechen.

Das 160 Seiten umfassende Eisenbahnwesen enthält für Reibungsbahnen die Abschnitte Bahnbau (Vorarbeiten, Streckenbau, Bahnhofsanlagen, Sicherungsanlagen), Fahrzeuge, Werkstätten; Zahnradbahnen, Seilbahnen und Straßen- und Stadtschnellbahnen, die zum größten Teil in der Reichsbahn-Gesellschaft bearbeitet sind. Besonders wertvoll als Vermächtnis des allzu früh verstorbenen Prof. Schachenmeier ist das Kapitel Brückenbau, in dem sich auch etwas über Aufstellung, Anstrich und bewegliche Brücken findet.

Alles in allem zeigt sich der dritte Band auf der Höhe seiner Zeit; er rechtfertigt sein Erscheinen durch die vielen neuen, wertvollen Änderungen und Ergänzungen. Die geäußerten Wünsche, betreffend den Umfang der Abschnitte Grundbau und Baumaschinen können vielleicht in der 26. Auflage Berücksichtigung finden; oder sollen wir uns eine „Baumaschinenhütte“ oder „Baustellen-Hütte“ wünschen? [E 1878] Dr.-Ing. Fr. Eisner

Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft 1926. 9. Bd. Hamburg 1928, Verlag der Hafenbautechnischen Gesellschaft e. V., f. d. Buchhandel: VDI-Verlag, Berlin. 233 S. m. Abb. Preis 25 *RM*.

Entsprechend dem Tagungsort Bremen im Jahre 1925 bringt der neunte Band des Jahrbuches der Hafenbautechnischen Gesellschaft wertvolle Beiträge insbesondere über die Entwicklung der bremischen Häfen. Die Baugeschichte der bremischen Häfen zeigt, wie schwer Bremen durch seine Nachbarn behindert war. Oberbaurat Hedde, Bremen, schildert in reizvoller Darstellung das Werden dieser Anlagen in großen Zügen. Oberbaudirektor Tillmann, Bremen, und seine Mitarbeiter Baurat Andressen und Baurat Dr.-Ing. Agatz, Bremen, ergänzen dieses allgemeine Bild unter dem Gesichtspunkt der Entwicklung der Umschlageinrichtungen.

Die Verhältnisse an der Außenweser behandelt Strombaudirektor Plate, Bremen. Die Entwicklung des hundertjährigen Bremerhaven wird von Oberbürgermeister Beché, Bremerhaven, geschildert. Die Hochseefischerei dort behandelt Fischereidirektor Dr. W. Reisner, Bremerhaven, und Stadtbaurat Hagedorn, Bremerhaven, beschreibt die Anlagen für dieses Gewerbe.

Allgemeinerer Art sind die Aufsätze von Dr. Lübbers, Emden, und Dr. Bartsch, Mannheim, über die Vergesellschaftung der See- und Binnenhäfen. Dr.-Ing Brockmann, Hannover, erläutert die Frage der mehrstöckigen Schuppen für Hamburger Verhältnisse. Obering. Kröger, Mannheim, berichtet über die Hafenerweiterung von Tanga in den Jahren 1912 bis 1913. Schließlich sind noch die Abhandlungen von Dipl.-Ing. Gettert, Duisburg, über Derimotoren und von Dr. Kunze, Bremen, über akustische Signalgeber zu erwähnen. [E 1852] Ls.

Betriebswissenschaftliche Bücher, 4. Bd.: **Selbstkostenermittlung im Industriebetrieb.** Von A. Lischka. Berlin 1828, Georg Stilke. 73 S. Preis 2,50 *RM*.

Scharfe Kostenerfassung und Rechnungslegung sind die ersten Voraussetzungen wirtschaftlicher Betriebführung. Eine Darstellung des industriellen Rechnungswesens in der Reihe der „Betriebswissenschaftlichen Bücher“ durfte deshalb nicht fehlen. Sie gibt einen sehr gedrängten Überblick über die Selbstkostenrechnung, anfangend mit den Grundbegriffen und einer Besprechung der Kostenarten, an die sich die Behandlung der hauptsächlichsten Abrechnungsverfahren (Teilungs-, Zuschlagrechnung, Kostenaufteilung, Gemeinkostenverrechnung) und der statistischen Kostenüberwachung anschließt.

Neues zu bringen, kann nicht der Zweck einer derartigen Übersicht sein; es wäre aber zu wünschen gewesen, daß die Darstellung sich mehr an die Begriffe und Bezeichnungen des „Grundplans der Selbstkostenberechnung“ und der Selbstkostenschriften des VDMA gehalten hätte, die in weitem Umfang endlich zu einheitlichem Sprachgebrauch geführt haben. Selbst innerhalb der Schrift ist der Wortgebrauch nicht einheitlich, wie „Einzelkosten“ in Abb. 3 und „Einzelkostendiagramm“ in Abb. 7 zeigen. Ein knappes Schrifttumverzeichnis beschließt den Band.
[E 1940] Zdl.

Neuzeitliche Einrichtungen zur Holzbearbeitung. Von A. Herrmann. Leipzig 1928, Max Jänecke. 244 S. m. 196 Abb. Preis 7,50 *RM*.

Für die Holzbearbeitung haben wir nicht viele Buchunterlagen zur Verfügung. Vor allen Dingen fehlt es unsres Wissens an neueren Erscheinungen. Darum ist es erfreulich, daß hier die gebräuchlichsten und neueren Maschinen und Werkstatteinrichtungen zusammengestellt werden. Das Buch soll eine Handhabe und ein Wegweiser für die dringend notwendige wirtschaftliche Ausgestaltung der Holzbearbeitungsbetriebe sein. Vor allem wünscht der Verfasser, es den Betriebsleitern zu geben.

Für den genannten Zweck und für den allgemeinen Gebrauch, auch z. B. an Fachschulen, ist es so lange verwendbar, als in ihm nicht nach wissenschaftlichem Rüstzeug und kritischer Betrachtung gesucht wird. An der Schwelle einer neuen Entwicklung zur Vervollkommnung der Betriebswirtschaft in Holzindustrie und -gewerbe kann aber eine Vertiefung der Veröffentlichungen nicht entbehrt werden. Katalogbilder sind ebensowenig geeignet, Schnittzeichnungen zu ersetzen, wie allgemein unterrichtende Erwähnung erst wertvoll wird, wenn sie von den Zahlen der Erfahrung und des wissenschaftlichen Schrifttums Gebrauch macht.

Vor allem für die Abschnitte über die Werkzeuge, Einrichtung, Anlage und Betriebe der Holzbearbeitungswerkstätten wäre es erwünscht gewesen, wenigstens vorhandene Quellen nachzuweisen, wenn schon dem Buch die allgemeinverständlich einführende Art erhalten bleiben soll. Erfreulich ist auf jeden Fall, daß der Verfasser neben den Bearbeitungsmaschinen die Maschinen zur Wartung der Maschinenwerkzeuge und die elektrischen Hilfsmaschinen bekannt macht. [E 1891] Dipl.-Ing. W. Müller

Flugzeugbau und Luftfahrt. 11. H.: **Gleitflug und Gleitflugzeuge.** Von F. Stamer und A. Lippisch. 1. T.: Konstruktion und praktische Flugversuche. Charlottenburg 1928, J. E. Volckmann Nachf. 62 S. m. 75 Abb. Preis 2,50 *RM*.

Lippisch behandelt die aerodynamischen und baulichen Grundlagen des Gleitflugzeuges. Der aerodynamische Teil umfaßt die Ermittlung der Flugleistungen und die Berechnung von Längsstabilität, und zwar in einer Form, die auch ohne Vorkenntnisse verständlich ist. Die Ausführungen über die bauliche Gestaltung des Gleitflugzeuges geben eine Anleitung zur Festigkeitsrechnung des Tragwerks und außerdem wichtige Winke zur fehlerfreien Durchführung der Teilkonstruktion. Im zweiten Abschnitt teilt Stamer in einer Anleitung zum Fliegen von Gleitflugzeugen viele wertvolle Erfahrungen seiner reichen Praxis mit.

Das kleine Werk will und wird dem angehenden Gleit- und Segelflieger eine willkommene Hilfe zum Bau von einfachen Flugzeugen und zum Fliegen damit sein.
[E 1929] W. Hübner

Aufbau und Entwicklungsmöglichkeiten der europäischen Elektrizitätswirtschaft. Herausgeg. vom Bankhause Schwarz, Goldschmidt & Co., Berlin 1928. 511 S. m. Abb. Preis 15 *RM*.

Das vorliegende Buch ist entstanden aus dem Bedürfnis, die Grundlagen der deutschen und der europäischen Elektrizitätswirtschaft umfassend darzustellen; denn die Entwicklung dieser Wirtschaftsform gewinnt immer größere Bedeutung.

Der erste Teil des Buches von Prof. Dr. Dr. Windel, Berlin, befaßt sich mit der Theorie der Elektro-Betriebswirtschaft und den Zusammenhängen der deutschen Elektrizitäts-Industrie, der zweite von Dipl.-Ing. Kromer, Rheinfelden, mit der europäischen Elektrowirtschaft. „Internationale Elektrowerte“ betitelt sich der 3. Teil, den die Wirtschaftliche Abteilung des Bankhauses Schwarz, Goldschmidt & Co., die Herausgeberin des Buches, bearbeitet hat. Hier wird Einblick gegeben in den Aufbau und das finanzielle Gefüge der wichtigsten europäischen Elektrizitätsunternehmungen.

Der Inhalt des Buches bietet gleich viel Wissenswertes für den fachmännisch Geschulten wie für die Finanz- und Wirtschaftskreise. Den Anhang bilden farbige Übersichtskarten und Darstellungen, die das Verständnis der großen Zusammenhänge in der Elektrizitätswirtschaft erleichtern.
[E 1900] Ro.

Die deutsche Bergwirtschaft der Gegenwart. Festgabe zum Deutschen Bergmannstag 1928. Herausgeg. von W. Hölling und Fr. A. Pinkerneil. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 388 S. m. Abb. Preis 32 *RM*.

Im Gegensatz zu dem im Jahre 1926 erschienenen Handbuch „Kohlenwirtschaft“ will das vorliegende Werk einen

Überblick über die gesamte deutsche Bergwirtschaft, also auch über den Kali-, Erdöl- und Erzbergbau geben. Zur Bearbeitung der verschiedenen, umfangreichen Gebiete wurden Männer herangezogen, die an verantwortlicher Stelle des deutschen Bergbaues stehen.

Nach einem Überblick über die Geologie, die nutzbaren Lagerstätten Deutschlands und die Gliederung der deutschen Bergwirtschaft werden die Absatz- und Arbeiterverhältnisse sowie die Fördermengen der einzelnen Reviere des deutschen Stein- und Braunkohlenbergbaues, des Kalibergbaues, Erdölbergbaues und des Eisenerz- und Metallbergbaues angegeben. Es folgen dann Einzeldarstellungen über Entwicklung der Kohlenchemie, der Bergbautechnik, Gasfernversorgung, über Braunkohle und Elektrizitätswirtschaft sowie über die Beziehungen zwischen Kohle und Eisen. In einem weiteren Kapitel werden die Organisation und der Aufbau der Bergwirtschaft ausführlich besprochen. Die beiden Schlußkapitel enthalten Beiträge über die Sozialpolitik und das Bildungswesen sowie über wirtschaftspolitische und verkehrspolitische Fragen.

Das Werk bildet mit den beigegebenen mehrfarbigen Karten eine wertvolle Übersicht über die Entwicklung der gesamten deutschen Bergwirtschaft und ihren heutigen Stand. [E 1927] Pr.

Amtliche Nachrichten des Reichsversicherungsamtes 1927. Beiheft: **Jahresberichte der gewerblichen Berufsgenossenschaften über Unfallverhütung für 1926.** Berlin 1927, Julius Springer. 606 S. m. 158 Abb. Preis 24 *RM*.

Die für 1926 erstmalig zur Auswirkung gekommene Gesetzesänderung, die die Unfälle auf dem Wege von und zur Arbeitstelle in die Entschädigungspflicht mit einbezieht, hat die Unfallziffern beträchtlich steigen lassen. Auch die Wirtschaftslage des Jahres 1925 hat nach Ansicht vieler Berufsgenossenschaften in gleichem Sinn gewirkt.

Anschließend an den statistischen Teil werden die bedeutsamsten Einzel- und Massenunfälle aufgeführt, danach die Maßnahmen der Berufsgenossenschaften zur Verhütung von Unfällen und gewerblichen Berufskrankheiten sowie die Maßnahmen für erste Hilfe. Hierunter finden sich u. a. Vorschläge für neue Schutzvorrichtungen und Erfahrungen in der Unfallverhütung.

Der Teil „Allgemeines“ bringt neben verwaltungstechnischen und Ausbildungsfragen vor allem Angaben über den Aufsichtsdienst der technischen Aufsichtsbeamten, die am Schluß des Buches zahlenmäßig zusammengestellt und ergänzt werden.

Ein zusammenfassender Überblick über die Unfallstatistiken der Berufsgenossenschaften, der ja an anderer Stelle gegeben wird, fehlt hier leider, so daß ein Vergleich zumindest der fachlich gleichgearteten Berufsgenossen, erschwert wird, zumal auch die statistischen Angaben über die Betriebsunfälle nicht einheitlich sind. Obwohl die hier bestehenden Schwierigkeiten durchaus anerkannt werden, wäre doch wenigstens äußere Einheitlichkeit der Berichte zu wünschen, die die Durchsicht wesentlich erleichtern würde. Ebenso wäre stärkere Hervorhebung der Ursachen der Unfälle wünschenswert. [E 1851] St.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. 1. Bd. 2. Lfg. Leipzig 1928, Joh. Ambrosius Barth. S. 307 b 694 m. Abb. 121 bis 423. Preis 37,50 *RM*.

Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. Von S. Cammerer. Berlin 1928, Julius Springer. 276 m. 94 Abb. Preis 21,50 *RM*.

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfa verhütung, Nr. 9: **Grundlagen und Aufgaben der physi logischen Arbeitseignungsprüfung und der Anlernun** Von R. C. Arnhold, L. Ascher, E. Atzler u H. Rupp. Berlin 1928, Julius Springer. 109 S. 41 Abb. Preis 6,80 *RM*.

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfa verhütung, Nr. 10: **Die Bedeutung der Beleuchtung f Gesundheit und Leistungsfähigkeit.** Von Holtzmann Schneider, Schütz, Thies, Bloch. Berl 1928, Julius Springer. 53 S. m. 29 Abb. Preis 3,60 *R*

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfa verhütung, Nr. 11: **Hygiene und Gesundheitsgefahren d Werft- und Hafenarbeit und der Arbeit des Heizpersona auf Schiffen.** Von Rothfuchs, Barkow u Schwarz, nebst Beiträgen von Meyer-Brodnit M. Grotjahn und E. Riedel. Berlin 1928, Juli Springer. 48 S. m. 8 Abb. Preis 2,80 *RM*.

Gewerbliche Abwässer. Ihre Reinigung, Beseitigung u nutzbare Verwertung. Bearb. von Bruno Böhm. Berl 1928, Otto Elsner. 320 S. m. 80 Abb. Preis 17,50 *R*

Graphische Kinematik und Kinetostatik des starren räu lichen Systems. Von Karl Federhofer. Wien 192 Julius Springer. 81 S. m. 48 Abb. und 5 Taf. Pre 9,90 *RM*.

Handbuch der Mineralchemie. Herausgeg. von C. Doe ter und H. Leitmeier. 4. Bd. 13. Lfg. Dresden u Leipzig 1928, Theodor Steinkopff. 160 S. Preis 8 *R*

Chemische Laboratorien. Ihre neuzeitliche Einrichtu und Leitung. Von Alfred Behre. Leipzig 1928, Ak demische Verlagsgesellschaft. 113 S. m. 33 Plänen u Tafeln. Preis 7 *RM*.

Handbuch der Internationalen Stickstoff- und Superpho phat-Industrie 1928. Herausgeg. von Curt und Juli Moßner. Berlin 1928, Finanz-Verlag. 761 S. Pre 40 *RM*.

Betriebswissenschaftliche Bücher, 7. Bd.: **Psychotechnik.** V Hans Freund. Berlin 1928, Georg Stilke. 78 S. 8 Abb. Preis 3 *RM*.

Papierprüfungen. Herausgeg. von Robert Reiman Leipzig 1926, Verlag der „Neuen Deutschen Papier-Ze tung“. 256 S. Preis 12 *RM*.

Taschenbuch für Schiffsingenieure und Seemaschiniste Herausgeg. von E. Ludwig unter Mitwirkung v W. Brose und Ziem. Mit einem Beitrag über Naut von Steppes, nach Angabe von G. Bauer. 4. Au München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 576 S. 495 Abb. Preis 12 *RM*.

Die Verwendung der Rundfunkanlage als Sprechmaschi mit elektrischer Schalldose. Von Manfred von Ardenn 48 S. m. 35 Abb. Preis 1,70 *RM*. **Der Bau von Anode und Heizstrom-Netzanschlußgeräten.** Von Manfred v Ardenne. 3. Aufl. 59 S. m. 65 Abb. Preis 1,70 *R* Berlin 1928, Rothgießer & Diesing A.-G.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 29. SEPTEMBER 1928 Nr. 39

Das Zeitalter des Hochdruckdampfes

Von Professor Dr. St. Löffler, Charlottenburg

Die zusammenfassende Behandlung der Fragen, die mit der Steigerung des Dampfdruckes und der Überhitzungstemperatur verknüpft sind, erscheint zeitgemäß, nachdem vor kurzer Zeit die 110 at-Anlage mit Kolbendampfmaschine der Wiener Lokomotiv-Fabriks-A.-G. in Wien-Floridsdorf zum ersten Mal öffentlich vorgeführt worden ist. — Der Aufsatz kennzeichnet die Voraussetzungen zweckmäßiger Energie- und Dampfwirtschaft sowie die Eignung der üblichen Dampferzeuger (Steilrohr- und Kammerkessel) für Hochdruckbetrieb, ferner die mittelbare Erzeugung von Hochdruckdampf durch umlaufende Heizmittel, die Verfahren von Schmidt-Hartmann, von Benson und das Dampfumwälz-Verfahren von Löffler mit den bis jetzt vorliegenden Betriebsergebnissen.

Von Energiewirtschaft in großem Maßstabe kann erst seit Einführung der Dampfmaschine geredet werden, die es ermöglichte, die Wärmeenergie der Kohle zur Erzeugung von mechanischer Arbeit in unbeschränkter Menge nutzbar zu machen. Die weiteste Ausdehnung und vielgestaltigste Entwicklung der Energiewirtschaft brachte aber erst die Elektrotechnik, weil sie die einfache und sichere Verteilung der Energie unter den verschiedensten örtlichen Verhältnissen und auch auf große Entfernungen hin ermöglichte. Wir hatten schon, ehe es eine Elektrotechnik gab, ein Zeitalter der Dampfmaschine. Aber erst durch die Kupplung der Dampfmaschine mit der Dynamo hat jene ihre große Bedeutung und umfassende Wirkung erlangt.

Im Kleinbetrieb ist der Dampfmaschine ein kraftvoller Wettbewerber in der Verbrennungsmaschine erwachsen, die als Dieselmaschine und Kraftfahrzeug-Motor die höchste Stufe der Wirtschaftlichkeit und Brauchbarkeit erreicht hat. Man kann sehr wohl die Zeit vom Beginne des 20. Jahrhunderts bis heute das Zeitalter der Verbrennungsmaschine nennen. Es erhielt sein Gepräge durch die erstaunlich rasche Entwicklung des Kraftfahrzeugbetriebs und der Flugtechnik.

In der Großenergiewirtschaft hat die Verbrennungsmaschine keine maßgebende Bedeutung erlangt, weil fast gleichzeitig mit der Großgasmaschine und der Dieselmaschine die Dampfturbine auf den Plan trat, die in schnellem Siegeslaufe den hauptsächlich auf Stromerzeugung eingestellten Großmaschinenbetrieb für sich eroberte. Erst mit dem Erscheinen der Dampfturbine beginnt wohl die Großenergiewirtschaft.

Die Dampfturbine hat zum erstenmal den Schnellbetrieb der Großmaschinenanlagen verwirklicht. Sie ist durch große Leistung auf kleinem Raum bei geringem Gewicht, hohe Betriebsgeschwindigkeit und kleine bewegte Massen gekennzeichnet. Wenn eine Zeitlang auch die Verbrennungsmaschine in der Großenergiewirtschaft mit der Dampfturbine in Wettbewerb trat und auch heute auf Sondergebieten, wie auf Hüttenwerken und im Schiffsbetriebe, von Bedeutung ist, so liegt das vor allem an der verhältnismäßig schlechten Wärmeausnutzung der Niederdruck-Dampfanlagen.

Schon seit längerer Zeit geht das Streben der Dampftechnik auf erhebliche Steigerung des Dampfdruckes. Aber erst in den letzten Jahren hat es zur Ausführung von Hochdruck-Dampfanlagen geführt[1]). Sie wurden erbaut, obwohl viele Fachleute, namentlich die Leiter elektrischer Kraftwerke, vor zu weitgehender Erhöhung der Dampfspannung gewarnt hatten. Es wurde insbesondere behauptet, daß bei Drücken über 35 at keine nennenswert bessere Wärmeausnutzung mehr erreichbar sei. Man bewertete dabei wahrscheinlich nur die Drucksteigerung allein, ohne an die gleichzeitig notwendige Erhöhung der Betriebstemperatur des Dampfes zu denken. Steigert man diese, soweit es die Haltbarkeit der heute zur Verfügung stehenden Werkstoffe zuläßt, d. i. bis etwa 500°, dann nehmen bis zu 130 at die Wärmeverluste stark ab. Über 150 at zu gehen, ist namentlich bei Kondensationsbetrieb zwecklos, weil dann der erreichbare Nutzen die Schwierigkeiten und Kosten der Druckerhöhung nicht mehr aufwiegt.

Wichtig ist bei hohen Drücken die Zwischenüberhitzung des Dampfes. Man muß sie bei mehrstufiger Entspannung, namentlich in Dampfturbinen, anwenden, um den schädlichen Einfluß der Dampfnässe in den Niederdruckstufen zu vermeiden. Durch die Zwischenüberhitzung wird die Wärmeausnutzung zwar nicht beträchtlich, aber doch soweit verbessert, daß man selbst eine gewisse Verwicklung der Anlage in den Kauf nehmen kann.

Die Furcht der Fachleute vor Hochdruck und besonders vor hohen Temperaturen ist allerdings nicht unbegründet, solange man an die Dampferzeugung in den bisher gebräuchlichen Niederdruckkesseln mit ihrem unbeherrschbaren Betrieb denkt. Man hat aber neue Verfahren zur Dampferzeugung entwickelt und erprobt, die gerade sehr hohe Drücke und Temperaturen sicher beherrschen lassen, so daß die Energiewirtschaft den Sprung zum Hochdruck-Dampfbetrieb ohne Besorgnis wagen kann. Ja, wir sind schon mitten drin im Zeitalter des Hochdruckdampfes, und kein Widerstand kann die Entwicklung des Hochdruckbetriebes mehr aufhalten.

Dampfwirtschaft

Die Dampfwirtschaft wird gekennzeichnet durch die Erzeugung des Dampfes, seine Überhitzung, seine Entspannung in der Dampfmaschine und durch die Regelung des Kessel- und Maschinenbetriebs bei Veränderung der Belastung und der Betriebsmittel. Von großem Einfluß sind Betriebszweck, Belastungsfaktor und Kapitaldienst. Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Betriebes sollen aber hauptsächlich Beachtung finden, weil sie vor allem Ziel und Zweck der Ingenieurarbeit sind. Kapitaldienst und Belastungsfaktor hingegen werden von Umständen beherrscht, auf die der Ingenieur und der Hersteller der Anlage wenig Einfluß haben. Nur soweit die Kosten der Anlage von Werkstoff, Bauart und Ausführung abhängen, kann der Fachmann einwirken. Dieser Einfluß tritt aber in den Hintergrund, wenn der Zinsfuß ungewöhnlich hoch ist und der Kapitalaufwand zum Hauptposten wird.

Es ist aber verkehrt, das Streben des Ingenieurs nach Verringerung des Wärmeverbrauchs einer Anlage deshalb als unwichtig oder belanglos hinzustellen, weil die Kohlenkosten einen geringeren Teil des Gesamtaufwandes ausmachen als etwa die Verzinsung des Kapitals oder die Stromverteilungskosten.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1149, Bd. 71 (1927) S. 437

Es hat doch Zeiten gegeben in der Entwicklung der Dampftechnik, wo schon jede Verbesserung an der Dampfmaschinensteuerung als große Errungenschaft angesehen wurde, obwohl dadurch der Wärmeverbrauch kaum um Zehntelprozente verbessert wurde. Und trotzdem war eine gute Steuerung für den Verkaufs- und Betriebswert einer Dampfmaschine von großem Werte.

Bei der Entwicklung vom Niederdruck- zum Hochdruckbetriebe handelt es sich aber um sehr beträchtliche Verbesserungen der Wärmeausnutzung, die unter Umständen 50 vH und mehr betragen können. Eine so große Ersparnis an Kohlenkosten ist nicht nur volkswirtschaftlich durch Schonung des Volksvermögens und der Naturschätze des Landes wichtig, sondern auch privatwirtschaftlich hoch zu werten; denn sie kann den Reinertrag eines Unternehmens entscheidend beeinflussen, selbst wenn sie gegenüber den Gesamtkosten verhältnismäßig gering sein sollte. Bei der Verringerung des Kohlenverbrauchs müssen auch die Ersparnisse an Fördereinrichtungen und Lagerräumen für die Kohle, an Feuerungen und Kesseln, an Trocken- und Mahlvorrichtungen bei Kohlenstaubfeuerung, an Bedienung usw. in Rechnung gezogen werden.

Die Kohlenersparnis spielt in der Wirtschaft eine um so größere Rolle, je teurer die Kohle ist. Wenn die Bedeutung des Energiewertes der Brennstoffe erst allgemein erkannt sein wird, dann kann es wohl kommen, daß man jede Kohlenverschwendung in unwirtschaftlich arbeitenden Anlagen durch Gesetze verbietet. So weit sind wir heute noch nicht, weil man trotz des riesigen und immer zunehmenden Brennstoffverbrauchs eine merkbare Abnahme der Naturvorräte an Energiestoffen bisher nur bei den Erdölen feststellen konnte, nicht aber bei der Kohle.

Die Kohle ist aber nicht nur Brennstoff, sondern auch Ausgangstoff für Chemikalien, Farben und im besondern von Ölen, die als Treibmittel für Kraftfahrzeug-Motoren in ungeheuren Mengen verbraucht werden. Daher wäre es wohl denkbar, daß der unwirtschaftlichen Verwendung dieses kostbaren Stoffes gesetzlich gesteuert wird, wenn die Verbraucher nicht selbst beizeiten den Wärmeverbrauch ihrer Anlagen so weit wie möglich verringern werden.

Dies kann bei Dampfanlagen auf vielfache Art geschehen. In Amerika sucht man durch weitgehende Vergrößerung der Dampfeinheiten die Wärmeverluste herabzusetzen und an Bedienung zu sparen. Das kann aber große Nachteile haben, weil bei Betriebstörungen immer ein beträchtlicher Teil der Anlage ausfällt und teure Reserve notwendig wird.

Selbst in größten Städten ist die Errichtung weniger weit voneinander entfernter Großkraftwerke oder gar einer einzigen Riesenzentrale schon wegen der langen Kabelleitungen unwirtschaftlich. Nur in solchen Werken lassen sich aber große Leistungseinheiten aufstellen. Die Anlagekosten, auf 1 kW gerechnet, werden indessen durch die Riesengröße der Kraftwerke nicht wesentlich herabgesetzt, da sie erfahrungsgemäß von einer gewissen Größe der Anlage an nicht mehr nennenswert abnehmen.

Viel besser ist es, kleinere Kraftwerke an Knotenpunkten des Energiebedarfs zu errichten, weil von diesen Stellen aus zugleich durch Verteilung von Heizdampf auf mäßige Entfernung hin eine vorteilhafte Abwärmewirtschaft durchgeführt werden kann. Solche Kraftwerke können auch mit günstigem Belastungsfaktor betrieben werden, und vorübergehende Spitzenbelastungen einzelner Werke lassen sich leichter mit Hilfe benachbarter Werke decken. Der Hochdruck-Dampfbetrieb bietet die Möglichkeit, diese Dezentralisation wirtschaftlich durchzuführen, indem man zunächst in Gegendruckmaschinen Strom erzeugt und ihren Abdampf mit genügend hohem Druck in Heizungsnetze leitet.

Bei der Erweiterung bestehender Kraftanlagen ist für die Wahl des Betriebsdruckes bei Beurteilung der Wirtschaftlichkeit vielfach auch die Zeit des zusätzlichen Strombedarfs von wesentlicher Bedeutung. Den Sprung von 15 at auf 35 at hat man gewagt, obwohl die Mehrkosten der Anlagen im Mittel etwa 30 vH betragen und nur ein Wärmegewinn von rd. 15 vH bei reinen Kondensationskraftwerken erzielt wird. Erst nach mehreren Jahren lassen sich daher die Mehrausgaben durch die e höhte Wirtschaftlichkeit des Betriebes decken.

Bei Steigerung des Druckes von 35 auf 130 at ist ei weitere, nahezu ebenso große Wärmeersparnis erzielba wenn man auch die Dampftemperatur über 450° erhö und Zwischenüberhitzung durchführt, ohne daß die Höch druckanlage nach neueren Bauarten nennenswert teur wird, so daß man gegenüber dem Sprung von 15 auf 35 nahezu die doppelte Ersparnis erzielt. Und trotzdem wi dieser Schritt heute nur selten gewagt, weil neben d Furcht vor Höchstdruck und hoher Temperatur die Wi schaftlichkeit der neuen Hochdruckanlage durch ihren B lastungsfaktor ungünstig bewertet wird.

Allerdings ist solche Beurteilung der Wirtschaftlic keit einseitig und vielfach unzutreffend, weil es auf a Fälle besser ist, das wirtschaftlichere Höchstdruckwe möglichst lange voll belastet arbeiten zu lassen und d vorhandene Niederdruckwerk nur zeitweise zuzuschalt oder stillzusetzen. Dann wird unter allen Umständen d Errichtung eines Höchstdruck-Kraftwerkes anzustreben sei

Gerade jetzt wird aber bekannt, daß im West Berlins ein Dampfkraftwerk von 200 000 kW Gesamtleistu mit gewöhnlichen Kesseln für 28 at und Rostfeuerung au gerüstet werden soll — eine Entschließung, die sich unserer Zeit der Höchstdruckdampf-Bestrebungen selb bei niedrigem Kesselpreis nicht leicht verstehen läßt.

Ähnliche Erwägungen gelten auch bei Errichtung v Heizwerken, weil Heizdampf vielfach, namentlich b Städteheizung, nur während eines Teils des Jahres erfo derlich ist. Ein Höchstdruckwerk ist in den meisten Fäll nur dann vorteilhaft, wenn man den im Gegendruckb trieb erzeugten Strom verwerten kann. Noch höhere Wi schaftlichkeit wird erzielt, wenn in Zeiten ohne Heizdamp bedarf Strom im Kondensationsbetrieb erzeugt wird. Au dann ist es zweckmäßig, vorhandene, weniger wirtscha liche Niederdruckanlagen zeitweilig stillzulegen. Keine falls können Frischdampf-Niederdruckheizwerke, die wi derholt zur Ausführung empfohlen wurden, wirtschaftlich sein als Höchstdruck-Heizkraftwerke, selbst wenn d Niederdruckkessel beträchtlich billiger sind als Höch druckkessel.

Wichtig für die Entwicklung wirtschaftlichen, sicher und anpassungsfähigen Dampfbetriebes ist die Vervo kommnung der Kesselfeuerung durch Verbrennung v Kohlenstaub, die erst die zwangläufige Beherrschung u leichte Regelung der Feuerwirkung und damit der Damp erzeugung ermöglicht. Kohlenstaubfeuerung kann au Dampfspeicher zum Ausgleich von Lastschwankungen en behrlich machen, wenn man die neuen Strahlungskess verwendet, die sich jeder Schwankung im Dampfverbrau rasch anpassen lassen.

Entscheidend für die Betriebsweise der Dampfanlag ist in vielen Fällen die Wasserwirtschaft des Werkes. D Wasseraufbereitung kann, besonders bei Heizkraftwerke leicht einen großen Teil der Anlage- und Betriebskost in Anspruch nehmen, wenn man umfangreiche Destillie einrichtungen aufstellen muß. Bei Kondensationsanlag braucht man zwar nur verhältnismäßig wenig Zusat wasser zu destillieren, kann aber nicht mit Sicherhe verhüten, daß das Speisewasser infolge undichter Ko densatorrohre oder mangelhafter Destilliereinrichtung verunreinigt wird. Insbesondere bei Hochdruck-Damp anlagen, bei denen Betriebstörungen schwerere Folg als bei Niederdruckanlagen haben können, ist darauf z achten, daß nirgends der Wärmelauf durch Dampf- od Gasabscheidung unterbunden wird. Da helfen weder g setzliche Vorschriften noch behördliche Überwachung d Baues und Betriebes der Kessel, sondern nur grundsätzlic Vervollkommnung der Dampferzeuger, deren Betri *zwangläufig beherrschbar sein muß.*

Dampferzeugung

Bei den bisherigen Niederdruck-Dampfkesseln erhit man Wasser in geschlossenen eisernen Behältern dur Befeuerung von außen, und der entstandene Dampf wi in einem an höchster Stelle gelegenen Dampfsamml ausgeschieden, dann in Rohrschlangen mäßig überhit und darauf der Maschine zugeführt. Dabei kommt es v

Abb. 1
Wärmeumlauf und Wasserumlauf
in einem Dreitrommelkessel.
γ_f spez. Gewicht in den Fallrohren
γ_s „ „ „ „ Steigrohren

Abb. 2
Dampfströmung in den gekrümmten
Rohren eines Steilrohrkessels.

allem darauf an, den an irgendeiner beheizten Stelle des Kessels entstandenen Dampf sofort zum Dampfsammler abzuleiten, damit jedes Entblößen der Eisenwandungen von Wasser und Durchbrennen der Wandungen vermieden wird. Diese Gefahr des Durchbrennens wird noch erhöht, wenn sich innen an den Wandungen Kesselstein absetzt. Daher war es von je das Bestreben der Betriebsleute, die Abscheidung festen Kesselsteins zu verhüten, zu welchem Zweck das Speisewasser chemisch gereinigt und schließlich sogar destilliert wurde.

Die Unzulänglichkeit der alten Kesselbauarten ist heute allgemein bekannt. Dennoch versucht man in neuester Zeit, Steilrohr- oder Kammerkessel durch Verstärken ihrer Wandungen und durch geringfügige Änderung ihres Aufbaues auch für Drücke über 100 at brauchbar zu gestalten. Man hat sogar Bauarten für solche Kessel vorgeschlagen, die sich schon bei Niederdruckbetrieb als minderwertig und ungeeignet erwiesen haben. Und das geschieht vor allem, um die Kosten der Kessel zu vermindern; denn bei hohen Drücken werden die Kessel nach der herkömmlichen Bauart zu teuer, um wirtschaftliche Dampferzeugung zu ergeben.

Ohne Zweifel ist es möglich, einen Kessel alter Bauart durch Verstärken seiner Wandungen zur Erzeugung von Dampf beliebig hohen Druckes verwendbar zu machen. Aber eine andere Frage ist, ob ein solcher Kessel im Sinne der heutigen Forderung zwangläufiger Beherrschbarkeit des Betriebes auch bei hohen Drücken und Temperaturen als betriebsicher gelten kann, zumal schon der Betrieb dieser Kessel bei niedrigem Druck nur bei Innehaltung strenger behördlicher Vorschriften und bei ständiger amtlicher Überwachung zulässig war.

Bei allen bisherigen Kesselbauarten wird ausreichender Wasserumlauf allein durch Temperaturunterschiede erzielt und aufrecht erhalten. Abb. 1 zeigt schematisch den Wasserumlauf bei einem D r e i t r o m m e l - S t e i l r o h r k e s s e l, welche Bauart in der letzten Zeit am meisten ausgeführt worden ist. Der Wasserumlauf muß bewirken, d a ß n a m e n t l i c h d i e i m v o r d e r s t e n R o h r b ü n d e l e n t s t e h e n d e n D a m p f b l a s e n im Augenblick des Entstehens nach der oberen Trommel abgeführt werden und daß sofort Wasser aus dem hinteren Rohrbündel durch die Untertrommel nachströmt. Wenn sich im hinteren Rohrbündel ebenfalls Dampf bildet, was nicht sicher zu verhüten ist, dann ist der Wasserumlauf, wie er sein soll, gestört, und die vorderen Rohre, die sehr starken Wärmebeanspruchungen ausgesetzt sind, können durchbrennen.

Die starken Reckspannungen, die an den Einwalzstellen der Rohre hervorgerufen und durch nachträgliches Ausglühen nicht ausgeglichen werden können, zwingen dazu, die Feuerwirkung von den Einwalzstellen durch Abdeckung mit Schamottsteinen oder durch Bespritzen mit Schamott fernzuhalten, und auch von zusätzlichen Beanspruchungen durch die Wärmedehnung der langen Rohre müssen diese Stellen entlastet werden. Die Rohre dürfen deshalb nicht ganz gerade und steil, sondern müssen reichlich gebogen sein. Dies ist auch notwendig, um die erforderliche Heizfläche auf den Rohren unterzubringen, ohne die Kesselhöhe zu sehr zu vergrößern.

Das starke Ausbauchen der Rohre erschwert jedoch die Abführung der Dampfblasen nach der Obertrommel, Abb. 2. Die Dampfblasen bleiben zusammen mit den Blasen, die an der oberen Rohrwand entstehen, infolge des Auftriebes an dieser Wand haften und bilden Nester, die von dem an ihnen hinfließenden Wasserstrom um so schwerer mitgenommen werden, je stärker das Rohr gekrümmt ist. Besonders bei den fast wagerechten Rohren der Wasserkammer-(Babcock-)Kessel besteht die Gefahr, daß sich Dampfblasen ansammeln, und die Rohre bei unzureichendem Wasserumlauf durchbrennen.

Je höher nun der Druck des Dampfes ist, desto kleiner sind die Dampfblasen und desto geringer ist ihr Auftrieb und der Wasserumlauf. Daher werden bei hohem Druck die Schwierigkeiten und Gefahren, die mit der ungenügenden Wasserströmung verbunden sind, immer größer, und um so mehr muß man alles vermeiden, was schon bei den Niederdruckkesseln zu Unzuträglichkeiten und Schäden führt. In erster Linie ist jede Kesselsteinabscheidung zu verhüten. Das zwingt zur Verwendung reinen, destillierten Wassers, ohne dadurch das Durchbrennen von Rohren mit Sicherheit auszuschließen. Destilliertes Wasser kann aber, besonders bei Hochdruck, wie eine Säure wirken; daher muß man es künstlich mit Alkalien versetzen und kommt in neuerer Zeit wieder auf die chemische Reinigung des Wassers zurück.

Bei Hochdruckkesseln müßte man recht weite Rohre verwenden, um die Strömungswiderstände des Wasserumlaufs möglichst zu verringern und das Aufsteigen der Dampfblasen zu erleichtern. Weite Rohre verlangen aber große Wanddicken, die wiederum den Wärmestau begünstigen und außerdem das zuverlässige Einwalzen der Rohre erschweren. Eben deshalb müßten gerade bei Hochdruckkesseln engere Rohre angewendet werden, die auch leichter zu biegen sind, aber den Wasserumlauf ungünstig beeinflussen. Dann müssen auch viel mehr Rohre eingewalzt werden oder wesentlich längere Rohre verwendet werden, um die nötige Heizfläche zu erhalten. Viele enge parallelgeschaltete Rohre steigern die Schwierigkeit, gleichartige Strömungsverhältnisse in den einzelnen Rohren zu schaffen und erhöhen die Strömungswiderstände des Wasserumlaufs.

Das Einwalzen macht es notwendig, für die Rohre weichen Stahl zu verwenden, der bei übermäßiger Beanspruchung (Reckung) ohne nachträgliches Ausglühen schädliche Veränderungen seines Gefüges erfährt. Hinzu kommen die Schwierigkeiten des Einwalzens der Rohre in die sehr starken Wände der Trommeln von Hochdruckkesseln. Die vielen Lochungen des Trommelmantels ergeben hohe Zusatzbeanspruchungen, so daß die Wände der Trommel etwa doppelt so dick bemessen werden müssen, als Druck und Temperatur es fordern würden. Besonders ungünstig wirken die Reckspannungen infolge des Einwalzens der Rohre an der Innenseite der Trommel, wo ohnedies im Betriebe die größten Spannungen auftreten. Bei hohen Drücken sucht man deshalb die Durchmesser der Trommeln so klein wie möglich zu machen. Hierdurch werden wohl die Kosten der aus dem vollen Stahlblock herausgeschmiedeten Trommeln herabgesetzt, aber auch der für Belastungsausgleich notwendige Wasserinhalt verkleinert und die Schwierigkeiten des Rohreinwalzens wesentlich erhöht. Das hat wiederum dazu geführt, die Zahl der Einwalzstellen zu verringern und dafür die Länge der Rohre zu vergrößern. So entstehen die sogenannten Turmkessel, die einen eigenen Aufzug für die Bedienung erhalten müssen.

Eine gewisse Höhe h des Kessels, s. Abb. 1, ist wegen des selbsttätigen Wasserumlaufs notwendig, weil dieser in erster Linie durch den Gewichtsunterschied des Wassers in den Fall- und Steigrohren $h\,(\gamma_f - \gamma_s)$ bedingt wird. Mit zu langen Rohren sind aber andre Nachteile verbunden. Die Strömungswiderstände des Wasserumlaufs werden erhöht und die Wege der Dampfblasen verlängert. Sie können sich auf diesem Wege mit Feuchtigkeit und Verunreinigungen sättigen, und die Folge davon ist nasser, unreiner Dampf, der in den Überhitzern und auch in der Maschine Schwierigkeiten verursachen kann. Endlich besteht bei langen, engen Rohren die Gefahr, daß in der Nähe der Eintrittstellen an der vorderen oberen Trommel nur Dampf vorhanden ist, die Wandflächen von Wasser entblößt werden und durchbrennen.

In den hinteren Rohrreihen dürfte sich eigentlich überhaupt kein Dampf bilden, weil die dort aufsteigenden Dampfblasen den Wasserumlauf vollständig unterbinden können. Dem kann zwar durch außenliegende nicht beheizte Fallrohre entgegengewirkt werden, die aber nur dann ausreichen, wenn ihr gesamter Strömungsquerschnitt, also auch ihre Zahl, groß genug ist. Dann geht aber durch sie ein beträchtlicher Teil der zur Unterbringung von Heizrohren ausnutzbaren Trommeloberfläche verloren.

Die geschilderten Mängel der alten Kesselbauarten machen sich besonders bei den Zweitrommelbauarten fühlbar, die man jetzt wegen ihrer geringen Kosten sogar für Drücke über 100 at vorschlägt, obwohl man von ihrer Verwendung bei Niederdruck schon längst abgegangen ist. Abb. 3 zeigt, wie man etwa die Rohre anordnen müßte, um genügende Heizfläche unterzubringen, ohne eine zu hohe Bauart zu erhalten. Bei der üblichen Größe der Trommeln, die durch die Herstellung aus einem Stahlblock begrenzt ist, wird es schwierig, solche Kessel mit großen Heizflächen auszuführen.

Noch schwieriger ist es, bei Zweitrommelkesseln einen geregelten und wirksamen Wasserumlauf zu erzielen. Namentlich die vorderen Rohrbündel sind stark beansprucht, und die geringste Störung des Wasserlaufs kann gefährliche Wärmespannungen und Risse hervorrufen Auch kann man bei ihnen im allgemeinen die Wärme der Heizgase nur dann günstig ausnutzen, wenn man umfangreiche Heizflächen in Gestalt von Wasser- und Luftvorwärmern nachschaltet.

Der Überhitzer läßt sich beim Zweitrommelkessel schwer unterbringen, eigentlich nur als Strahlungsüberhitzer im Feuerraum, was aber bei freier, nicht erzwungener Strömung des Dampfes bedenklich ist, da der Überhitzer bei plötzlichem Abfall der Belastung verbrennen kann. Es lassen sich zwar Sicherungen durch Abblasen von Dampf schaffen, sie ergeben aber bei stark schwankendem Betriebe große Dampfverluste. Daher setzt man derartige Strahlungsüberhitzer nicht gern unmittelbar der strahlenden Hitze der Flamme aus, sondern bringt sie hinter

Abb. 3 Wärmelauf in einem Zweitrommelkessel.

Abb. 4 Dampfströmung in eine Eintrommelkessel.

Gitterwänden aus Schamott geschützt oder in Seitenzü unter.

Gegen Schwankungen des Wasserstandes in der O trommel sind solche Kessel besonders empfindlich, sich bei starker Dampfbildung die Wasseroberfläche sch stellt, und dann ein Teil der Rohre vom Wasser entb werden kann. Auch das Mitreißen von Wasser in Dampfleitung tritt bei Zweitrommelkesseln stärker als Kesseln mit mehreren Trommeln auf. Geradezu un ständlich ist es aber, daß man Hochdruckkessel sogar mit einer Obertrommel und angehängten U-Roh bauen will, Abb. 4. Daß sich bei solchen Kesseln Nachteile der Zweitrommelkessel in verstärktem Maße tend machen müssen, ist leicht einzusehen. Insbeson läßt sich selbst bei Verwendung von destilliertem Wa nicht sicher verhüten, daß im tiefsten Teil der U-Sche Dampfblasen hängen bleiben und den Wasserumlauf fährlich stören.

Bei Vieltrommelkesseln kann man wohl manche genannten Nachteile vermeiden, nicht aber den grunds lichen Mangel der Unbeherrschbarkeit der Wassers mung und der Dampferzeugung, und auch bei ihnen is nötig, die Wärme durch große Heizflächen auf verda fendes Wasser zu übertragen. Vieltrommelkessel wer zudem bei hohen Dampfdrücken so teuer, daß sie Wirtschaftlichkeit des Betriebes in Frage stellen.

Schon lange versucht man daher, Verfahren zur Dan erzeugung auszubilden, die eine bessere und womög zwangläufige Beherrschung der Dampfbildung gesta Insbesondere wird angestrebt, die Wärme auf das Was mittelbar in leicht regelbarer Weise zu übertragen, in man einen Wärmeträger zwangläufig durch eine Pu im Kreislauf bewegt, Abb. 5, ihn durch eine Feuerun beheizt und die von ihm aufgenommene Wärme du Rohrschlangen R auf das Wasser einer Kesseltromme zur Dampferzeugung übergehen läßt. Als Wärmeträ wurden die verschiedensten Mittel vorgeschlagen, Quecksilber, geschmolzene Metalle, Naphthalin und Öle.

Außer den Schwierigkeiten, welche das Verhalten Wärmeträgers bei verschiedenen Temperaturen, se zwangläufige Bewegung und seine chemische Veränder bei längerer Betriebsdauer, sowie namentlich Undichthe mit sich brachten, ergaben sich Mängel an den H flächen R im Verdampfer V durch rasche Verschlec rung des Wärmeüberganges beim Ausscheiden von unreinigungen, Kesselstein oder Blasen an den Auß wänden der Rohrheizflächen. Deshalb hat noch kein artiger Dampferzeuger praktische Bedeutung erlangt.

Als Wärmeträger in mittelbar wirkenden Kesseln k auch Wasser und Wasserdampf dienen, bei deren wendung manche der erwähnten Mängel wegfallen, da aber andre Unzuträglichkeiten entstehen können. Wär austauscher, bei denen auf der einen Seite einer Heizflä Dampf kondensiert, auf der andern Seite Wasser dadu

Abb. 5
Mittelbare Dampferzeugung durch zwangläufig umgepumptes Heizmittel.

H Rohrschlange mit Feuerung
P Umlaufpumpe
R Rohrschlange für Verdampfung
V Verdampfer

Abb. 6
Dampferzeugung nach Schmidt-Hartmann.

D Dampfabscheider
K Kühler

Abb. 7
Dampferzeugung bei Zwangströmung des Wassers mittels Speisepumpe *Sp*.

geheizt oder verdampft wird, sind lange bekannt und viel angewendet. Dazu gehören z. B. Destilliereinrichtungen und Verdampfer, bei denen man vielfach die Wärme einer unreinen Flüssigkeit ausnutzen will. Wirken auf beiden Seiten die gleichen Dämpfe, dann muß ein genügend großer Druckunterschied zugelassen werden, um keine zu großen und teuren Apparate zu erhalten.

Ein in neuerer Zeit vorgeschlagener Hochdruckkessel, Abb. 6, der auf dieser Grundlage beruht (Schmidt-Hartmann), verzichtet auf das zwangläufige Umpumpen des Heizmittels (destilliertes Wasser) und benutzt, wie die gewöhnlichen Kessel nur den Gewichtsunterschied in auf- und absteigenden Rohren zur Kreislaufbewegung, die nur dadurch etwas verstärkt werden soll, daß im absteigenden Ast ein Kühler *K* vorgesehen ist, der das Speisewasser durch den kondensierten Heizdampf vorwärmt. Der Heizdampf entsteht aus dem destillierten Wasser in der beheizten Verdampferschlange *H*, scheidet sich im Dampfabscheider *D* aus und gibt durch Kondensation im Wärmeaustauscher *R* seine Wärme zur Dampferzeugung im Verdampfer *V* ab.

Mit dem selbsttätigen Wasserumlauf sind alle Unzuträglichkeiten verknüpft, die sich bei gewöhnlichen Kesseln ergeben können. Hier kommen noch Undichtheiten n der Kreislaufleitung und die mittelbare Wärmeübertragung im Verdampfer als Quellen möglicher Störungen hinzu. Außerdem wird die Bauart gegenüber den üblichen Steilrohr- und Kammerkesseln umständlicher und daher uch teurer.

Schon bei völlig reinen Heizflächen des Austauschers *R* muß mit steigendem Betriebsdruck der Druck des Heizmittels stark zunehmen. Während bei 60 at Betriebsdruck twa 20 bis 40 at Druckunterschied genügen dürften, kann ei Betriebsdrücken über 100 at der Druck des Wärmeträgers auch bis zum kritischen Druck steigen, enn sich Dampfblasen, Verunreinigungen oder Kesselstein ußen an den Rohrschlangen *R* im Verdampfer *V* abscheien. Schon sehr dünne Kesselsteinschichten können die Dampferzeugung stark beeinträchtigen.

Die Wartung der im Verdampfer *V* eingebauten Rohrschlangen, die außerdem den Wasserraum des Verdampfers nd den Dampfdurchgang verkleinern, ist nicht einfach. Der Wasserstand im Verdampfer muß möglichst konstant ein, weil beim Austauchen der Rohrschlangen die Dampfentwicklung abnimmt. Zudem müssen ständig zwei Wasserstände beobachtet werden, da auch am Dampfsammler *D* n Wasserstandzeiger angebracht sein muß, damit Undichteiten im Kreislauf festgestellt und Wasserverluste durch ne besondere Preßpumpe ersetzt werden können.

Verdampfer *V* und Dampfsammler *D* müssen an höchster Stelle des Kessels angeordnet werden. Daher bietet auch der Aufbau keine Vorteile gegenüber gewöhnlichen Kesseln. Es bleibt auch die Unbeherrschbarkeit des Betriebes bestehen, die nicht nur durch die Beschaffenheit des Speisewassers und der Heizflächen, sondern auch durch die Zustände im Kreislauf des Heizwassers ungünstig beeinflußt werden kann.

Am einfachsten und billigsten wäre ein Hochdruckkessel, Abb. 7, bei dem Wasser durch die Speisepumpe *Sp* zwangläufig in einer beheizten Rohrschlange *R* bewegt und verdampft würde. Wäre das Wasser völlig rein, Belastung und Heizwirkung stets gleich, dann könnte man auch einen so einfachen Hochdruckkessel sicher betreiben. Es läßt sich aber besonders bei geringer Geschwindigkeit des Wassers nicht verhüten, daß sich Dampfblasen ansetzen und Rohre durchbrennen, selbst bei Verwendung destillierten Wassers. Bei unreinem Wasser kommen noch Verunreinigungen und Kesselstein hinzu; außerdem nehmen die emporsteigenden Dampfblasen, wie bei gewöhnlichen Kesseln, auf dem langen Dampfwege Feuchtigkeit und Verunreinigungen auf. Einen unbeheizten Dampfsammler an höchster Stelle anzuordnen, ist daher bei schwankender Belastung nicht nur vorteilhaft, sondern auch notwendig, um mitgerissene Verunreinigungen aus dem Dampf abzuscheiden.

Schon vor 15 Jahren hat H a v l i č e k[2]), der unter den Vorkämpfern des Hochdruckdampfbetriebes in erster Reihe zu nennen ist, die Dampferzeugung beim kritischen Zustand (225 at und 375 °C) vorgeschlagen. Später hat B e n s o n[3]) einen Hochdruck-Dampferzeuger ausgebildet, bei dem in Rohrschlangen, etwa nach Abb. 7, Wasser unter kritischem Druck auf kritische Temperatur erhitzt und dadurch allmählich im Ganzen in Dampf umgewandelt werden soll, ohne daß sich Dampfblasen bilden. Der Dampf wird in einer Drosselvorrichtung auf den Betriebsdruck gebracht und nach Überhitzung zur Maschine geleitet.

Ein Dampfsammler gewöhnlicher Art mit Wasserinhalt ist bei diesem Kessel nicht ausführbar. Es ist daher auch nicht möglich, mitgerissene Verunreinigungen aus dem Dampf auszuscheiden und Lastschwankungen an der Dampferzeugungsstelle selbst auszugleichen. Vielmehr müssen Wärmespeicher, in der Regel im Niederdruckteil der Dampfanlage, angeordnet werden, die aber bei starken Schwankungen der Belastung auch auf den Hochdruckteil und die Dampferzeugung ungünstig zurückwirken können und jedenfalls ein teures Zubehör des Kessels bilden.

Bei Kohlenfeuerung dürfte es nicht leicht sein, die Dampferzeugung in mehreren parallelgeschalteten Wasserrohrschlangen gleichmäßig zu beherrschen. Als Folge ungleicher Förderung des Wassers und verschiedener Heizwirkung in den Schlangen kann leicht sehr nasser Dampf entstehen. Zwangläufige Beherrschung der Dampferzeugung ist also auch beim Benson-Kessel nicht vorhanden.

Die Geschwindigkeit der Strömung in den Rohrschlangen ist durch die Belastung des Kessels und die zu fördernde Speisewassermenge gegeben. Hohe Geschwindigkeiten lassen sich schon wegen der hohen Speisepumpenleistung nicht anwenden, und jede plötzliche Abnahme der Belastung, der nicht rasch genug eine entsprechende Verringerung der Heizwirkung folgt, kann namentlich bei unreinem Wasser die Rohre gefährden. Unreines Wasser wäre beim Benson-Verfahren jedenfalls sehr bedenklich.

Die Richtigkeit dieser Überlegungen haben die bisherigen Berichte über die Erfahrungen der Siemens-Schuckert-Werke bestätigt[4]). Selbstverständlich kann man auch nach dem Benson-Verfahren Hochdruckdampf in sicherer Weise erzeugen, wenn man insbesondere für

[2]) Z. Bd. 69 (1925) Ergänzungsheft „Technische Mechanik" S. 12.
[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 957, Bd. 72 (1928) S. 1037.
[4]) G l e i c h m a n n, Z. Bd. 72 (1928) S. 1037

gleichmäßigen Gang der Dampferzeugung und feinfühlige Regelung der Heizung und der Strömung von möglichst reinem Wasser in den Rohrschlangen sorgt.

Das Hochdruckdampf-Umwälzverfahren

Seit Anfang 1924 habe ich, zunächst mit der Wiener Lokomotiv-Fabriks-A.-G. in Wien-Floridsdorf, bald darauf auch mit der Witkowitzer Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft in Witkowitz (Tschechoslowakei) ein Hochdruckdampf-Verfahren ausgebildet und ausgeführt, das als Dampfumwälzverfahren bezeichnet werden kann. Denn hierbei dient als Heizmittel Dampf, der einem Verdampfer *V*, Abb. 8, entnommen, durch eine Pumpe *P* zwangläufig im Kreislauf umgewälzt, in einer Heizvorrichtung *H* überhitzt und darauf in das Wasser des Verdampfers eingeblasen wird. Ein Teil *D* des überhitzten Dampfes wird der Dampfmaschine zum Verbrauch zugeführt.

Zur Inbetriebsetzung des Kessels wird der Dampfumwälzraum einmal mit Dampf von niedrigem Druck gefüllt und die Umwälzpumpe entweder elektrisch oder durch eine Dampfmaschine angetrieben, worauf unter Heizung des Überhitzers und Absperrung der Verbrauchsdampfleitung Temperatur und Druck des Dampfes allmählich bis zum gewünschten Betriebsdruck gesteigert werden. Je höher der Druck des Hilfsdampfes bei der Inbetriebsetzung ist, desto rascher gelangt der Kessel auf Betriebspannung; sobald diese erreicht ist, wird der Dampf an die Betriebdampfmaschine abgegeben.

Bei den bisher ausgeführten Hochdruckanlagen stand Hilfsdampf von 12 bis 15 at zur Verfügung. Hierbei dauerte die Inbetriebsetzung bis zum Erreichen von 100 at ungefähr 2 h. Über 1 h dauerte es, bis der Druck im Dampfkreislauf auf etwa 30 at stieg; die weitere Drucksteigerung ging dann sehr rasch. Ist bei einer Anlage mit mehreren Kesseln bereits einer in Betrieb, so kann zur Inbetriebsetzung eines weiteren Kessels der Dampfumwälzraum sofort mit Dampf von Betriebsspannung gefüllt werden. Dann dauert die Inbetriebsetzung bis zur Dampfabgabe nur wenige Minuten.

Abb. 9 zeigt den Verlauf der Inbetriebsetzung des Kessels in Witkowitz mit allen wichtigen Betriebsgrößen auf Grund von Ablesungen an Meßgeräten (Thermoelementen, Widerstandsthermometern, Manometern u. a.) in kurzen Zeitabständen. Man erkennt daraus, daß während des ersten Druckanstiegs die Überhitzung durch Verringerung der Beheizung begrenzt werden muß, damit die Temperaturen in den einzelnen Rohrschlangen des Überhitzers nicht zu hoch werden, zumal die Drehzahl der Pumpen und damit die Geschwindigkeit der Dampfumwälzung nicht über ein bestimmtes Höchstmaß gesteigert werden kann. Im letzten Teil des Anheizens, bei Drücken über 30 at, wird die Beheizung und die Dampfumwälzung noch weiter verringert, weil sonst der Druck zu rasch steigen würde. Diese Verringerung der Beheizung kann man in einfacher Weise auch selbsttätig einrichten. Wird ein Kessel nur zeitweilig, etwa über Nacht, stillgesetzt, dann bleibt in den gut isolierten Verdampfern noch so hoher Druck,

Abb. 8
Dampferzeugung mittels zwangläufiger Dampfumwälzung.

daß der Kessel ohne Hilfsdampf in Betrieb gesetzt wer[...] kann.

Dies ist sehr deutlich aus dem in Abb. 10 dargestell[...] Betriebsdiagramm des Hochdruckkessels der Wiener [...]komotivfabrik zu ersehen. Zu Beginn der Inbetri[...]setzung waren vom vorhergehenden Tage noch rd. 4[...] Druck im Verdampfer vorhanden. Hierdurch wurde [...] Anlaufzeit bis zum Erreichen des Betriebsdrucks [...] 110 at auf ungefähr ¾ h verkürzt. Abb. 10 zeigt [...] Verlauf verschiedener Betriebsgrößen während ei[...] ganzen Tages. Insbesondere sieht man daraus, daß s[...] trotz erheblicher Lastschwankungen die Betriebste[...]peratur des Dampfes (im Mittel 470 °) nur wenig ände[...] Dies wird ohne zusätzliche Überhitzerregler nur du[...] Ändern der Pumpendrehzahl erreicht.

Abb. 9
Vorgänge bei der Inbetriebsetzung eines Dampfumwälzkessels.

Abb. 10
Betrieb eines Dampfumwälzkessels.

Ähnlich wie das Benson-Verfahren ist auch das Dampfumwälzverfahren ein ausgesprochenes Hochdruck-Verfahren; bei niedrigen Drücken, unter etwa 50 at, ist es überhaupt nicht wirtschaftlich durchführbar.

Zur Bestimmung der Umpumpleistung wird angenommen, daß bei den verschiedenen Drücken p, Abb. 11, von 15 bis etwa 140 at die Überhitzungstemperatur t des Dampfes von 350° auf 510 °C steigt, weil man mit steigendem Druck auch höhere Überhitzung sicher erreicht. Das Speisewasser soll mit einer so hohen Vorwärmetemperatur in den Verdampfer gebracht werden, daß man ihm bei allen Drücken nur noch $e = 50$ kcal/kg bis zur Sattdampftemperatur zuzuführen braucht. Dann ergibt sich mit r als Verdampfungs- und $ü$ als Überhitzungswärme, deren Werte in Abhängigkeit vom Druck aufgetragen sind, das Gewicht des Sattdampfes, das umzupumpen ist, um 1 kg Betriebsdampf zu erzeugen:

$$G = 1 + \frac{e + r}{ü} = \frac{ü + r + e}{ü} \text{ kg.}$$

Hierbei wird angenommen, daß 1 kg umgewälzten Dampfes beim Durchgang durch das Wasser seine Überhitzungswärme $ü$ abgibt. Außerdem ist berücksichtigt, daß 1 kg Verbrauchsdampf der Umpumpmenge als überhitzter Dampf entnommen wird, so daß $G - 1$ kg in das Wasser eingeführt werden, um mit ihrer Überhitzungswärme $(G - 1)\,ü$ die Wärmemenge $e + r$ zur Verdampfung von 1 kg aufzubringen.

Daraus berechnet sich das für 1 kg erzeugten Dampfes umzuwälzende Volumen $Q = \frac{G}{\gamma_s}$, Abb. 12, wobei das spezifische Gewicht γ_s des Sattdampfes bei den verschiedenen Betriebsdrücken p in Abb. 13 aufgetragen ist.

Abb. 11
Verlauf der Dampferzeugungswärmen in Abhängigkeit vom Druck.

Abb. 12
Leistungsbedarf der Umwälzpumpe in Abhängigkeit vom Betriebsdruck.

Abb. 13
Betriebsgrößen der Überhitzerschlangen beim Dampfumwälzverfahren in Abhängigkeit vom Druck.

f Strömungsquerschnitt H Gesamtheizfläche des Überhitzers l Länge einer Überhitzerschlange ω_m mittlere Durchgangsgeschwindigkeit im Überhitzer γ_s spez. Gewicht des Sattdampfes γ_m mittl. spez. Gewicht $\gamma_ü$ spez. Gewicht des überhitzten Dampfes

Der von der Umwälzpumpe zu überwindende Druckunterschied Δp hängt vor allem von der mittleren Durchgangsgeschwindigkeit ω_m in der Überhitzerschlange ab, die wegen des Wärmestaues der zum Teil unmittelbar in die Feuerungen eingebauten Überhitzerrohre (Strahlungsüberhitzer) nicht unter eine bestimmte, aus der Erfahrung gegebene Größe sinken darf. Bei den bisher gebauten Hochdruckkesseln haben wir bei höchster Leistung und 100 at Druck rd. 20 m/s mittlere Geschwindigkeit eingehalten. Dabei haben sich die aus einfachem, aber hartem Siemens-Martin-Stahl hergestellten Rohre in allen Fällen als betriebsicher erwiesen.

Soll die Sicherheit gegen Wärmestau und Risse bei allen Drücken ungefähr gleich groß sein, dann muß nach Nußelt angenähert $\omega_m^{0,8}\ \gamma_m^{0,8}$ konstant sein. Daraus ergeben sich die mittleren Geschwindigkeiten ω_m für alle andern Betriebsdrücke, da für 100 at $\omega_m^{0,8}\ \gamma_m^{0,8} \sim 224$ ist. In Abb. 13 sind die mittleren Geschwindigkeiten ω_m und außerdem γ_m als Mittelwert aus dem spezifischen Gewicht γ_s und dem spezifischen Gewicht $\gamma_ü$ des überhitzten Dampfes aufgetragen. Der Druckunterschied Δp ergibt sich angenähert aus $\Delta p = \frac{(1+\zeta)\ \omega_m^2\ \gamma_m}{2\,g}$, worin $\zeta = \frac{\lambda\, l}{d}$ mit l als Länge einer Überhitzerschlange, d als zugehörigem Rohrdurchmesser und einer Erfahrungszahl λ.

Den Durchmesser d der Rohrschlangen bestimmt vor allem die Herstellung der Rohre und der Schlangen. Er

Abb. 14
Leistungsbedarf von Umwälz- und Speisepumpe.
Sp Speisepumpenleistung
U Umwälzleistung
N Gesamtleistung

sei für alle Betriebsdrücke angenähert gleich groß an genommen. Der gesamte Strömungsquerschnitt f de Dampfes wird dann durch Parallelschalten einer ent sprechenden Anzahl Rohrschlangen erzielt. Setzt ma $\frac{\lambda}{d} = \varphi =$ konstant, dann ist $\Delta p = \frac{\omega_m^2\ \gamma_m}{2\,g}(1 + \varphi\, l)$.

Die Gesamtheizfläche H des Überhitzers kann ma proportional der übergeführten Wärmemenge $ü + r +$ setzen, da die Wärmedurchgangszahl nach unsrer Annahm für alle Fälle ungefähr gleich groß bleibt. Somit wir die Rohrlänge l proportional $\frac{ü + r + e}{f}$, weil f be Rohren gleichen Durchmessers proportional dem gesamte Rohrumfang ist. Setzt man für den Betriebsdruck $p = 100$ a die Werte von H, f und l gleich 1, dann lassen sich di Werte für andre Betriebsdrücke ausrechnen, Abb. 13.

Bei der Witkowitzer Anlage beträgt der größte Druck unterschied bei 100 at und $\omega_m = 20$ m/s angenähert 4 at Daraus läßt sich die Konstante φ und damit auch de Druckunterschied Δp für alle andern Betriebsdrücke be rechnen, Abb. 12.

Das Produkt aus Q und Δp ergibt die aufzuwendend Umpumpleistung. Vergleicht man diese mit der bei den betreffenden Betriebsdruck im erzeugten Kesseldampf ver fügbaren Leistung bei Kondensationsbetrieb, so ergibt die den prozentualen Leistungsanteil L der Dampfumwälz pumpe, der in Abb. 12 aufgetragen ist. Für niedrige Drück bis etwa 20 at, verlangt die Umlaufpumpe eine größer Leistung, als der Kessel überhaupt erzeugen kann. Noch bei 40 at beträgt die Umwälzleistung über 20 vH der er zeugten Dampfleistung. Daher ist das Dampfumwälzver fahren nur für Drücke über 50 at wirtschaftlich durchführ bar, und erst über 80 at Betriebsdruck sinkt die aufzuwen dende Leistung unter 5 vH. Bei 130 at Betriebsdruck, für den die neueren Kessel ausgeführt werden, beträgt die Lei stung der Dampfumwälzpumpe unter 2 vH der erzeugten Dampfleistung des Kessels. Aus den eingeschriebenen Jahreszahlen in Abb. 12 ist zu entnehmen, wie langsam die Steigerung des Betriebsdruckes von Kesselanlagen vor sich gegangen ist.

Wesentlich ist auch, daß mit abnehmender Belastung die Umwälzleistung stark abnimmt. Abb. 14 zeigt für den normalen Betriebsdruck von 130 at die verhältnismäßigen Leistungen, die zur Kesselspeisung und zum Umwälzen bei verschiedenen Belastungszuständen des Kessels aufzuwenden sind. Bei diesem Betriebsdruck ist die Speisepumpenleistung Sp schon größer als die Umwälzleistung U, die ungefähr quadratisch mit abnehmender Belastung abnimmt. Bei Teilbelastung wird also der Aufwand für die Umwälzung mehr und mehr bedeutungslos.

[B 1782] (Forts. folgt.)

Das Kraftwerk Lilla Edet

Von Oberbaudirektor A. Ekwall und Dipl.-Ing. H. Munding, Stockholm

Lage — Flußregulierung — Wehrbau — Wahl der Turbinenart: Schnelläufer nach Kaplan und Lawaczeck mit je einem Laufrad in einer Betonspirale — Stromerzeuger auf einem Zwischenboden — Lenzpumpenanlage mit einer Gesamtleistung von 44 m³/min — Schützen nicht in Nischen der Seitenmauern, sondern in Öffnungen der senkrechten Teilungsmauern geführt und gelagert — Rechen senkrecht innerhalb der Schützen angeordnet — Baukonstruktionen

Der Göta Älv mit einer Länge von nur 85 km ist Schwedens bedeutendste Energiequelle. Er bildet den Auslauf des rd. 5500 km² großen Vänersees und hat hier schon ein Einzugsgebiet von etwa 47 300 km². Der Höhenunterschied zwischen dem Vänersee und dem Kattegatt beträgt rd. 44,5 m und verteilt sich hauptsächlich auf die drei folgenden Wasserfälle, den Fall bei Vargön mit rd. 5 m Bruttogefälle am Auslauf des Vänersees, den Fall bei Trollhättan mit etwa 32 m Bruttogefälle rd. 10 km unterhalb Vargön und den Fall bei Lilla Edet mit rd. 6,8 m

Kraftwerk Lilla Edet mit einem Teil des Wehres, vom Mittelpfeiler des Walzenwehres aus gesehen.

Abb. 1. Lageplan.

a Neue Schleuse (gebaut 1916)
b ältere Schleuse (gebaut 1832)
c Straßenbrücke
d Fischtreppe
e Walzenwehr
f Eisablaßschützen
g Schützenwehr
h Grundablaß
i Zulauf
k Maschinenhaus
l Ablauf
m älteste Schleuse (gebaut 1607)
n Inlands-Pappenfabrik

Abb. 2

Grundablässe, freie Breite 3,6 m
Eisablaß, „ „ 4 „
neuer Teil des Wehres mit 21 Schützen von zusammen 31,5 m Breite
Eisablaß, freie Breite 3,5 m
älterer Teil des Wehres
f Einlauf für Zusatzwasser zur Fischtreppe
g Wassereinlaß zur Fischtreppe
h Einlaß zur Aallaiche
i Eisablaß
k Walzenwehr
l Rohrleitungen zu den Turbinen der Inlands-Pappenfabrik

Abb. 3 bis 8

Abb. 2 bis 8. Wehranlage.

Kaplan-Turbine

Lawaczeck-Turbine

Lawaczeck-Turbine

Abb. 10
Längsschnitt durch die Turbinenmitten.

Abb. 12
Wagerechter Schnitt bei Höhe + 11,80.

Abb. 10 bis 15
Krafthaus.

a Balkon für Besucher
b oberer Maschinenhausboden + 11,80
c unterer Maschinenhausboden + 7,60
d Transformatorenwerkstatt
e Hauptpumpenraum
f Saugrohr der Lenzpumpen
g Werkmeisterstube
h Ölraum
i Transportschacht
k Umformerraum
l Vorratsraum
m Transformatoren
n Kühlwasserleitung
o Gleichstrom-Maschinensatz
p Personenaufzug
q Werkstatt
r Batterie
s Betriebstransformatoren
t Kabelgang
u Bogengang
v Dehnungsfuge
w Entleerungsrohr
x Überwachungsgang
y Belastungswiderstand
z Wasserkühler für Transformatoren
a_1 Pegelbrunnen
b_1 Ölbehälter
c_1 Lagerplatz für Dammbalken
d_1 Oberwasserspiegel-Pegel
e_1 Schützenwinden
f_1 Eisablaßschütze
g_1 Regler
h_1 Rechen
i_1 Schützen
k_1 Öffnung für Dammbalken im Einlauf
k_1' Öffnung für Dammbalken im Auslauf (Abb. 15)
l_1 Druckölpumpen mit Windkessel
m_1 Widerstände
n_1 Bureau
o_1 Schaltraum
p_1 Laufkran für Dammbalken, 5 t
q_1 desgl.

Abb. 11
Querschnitt durch die Kaplanturbine.

Bruttogefälle 20 km unterhalb Trollhättan. Alle drei Fälle sind im Besitz des schwedischen Staates, und zwei davon, der Trollhättefall und der Lilla Edet-Fall[1]), sind bereits weitgehend ausgebaut.

Der Bau des Kraftwerkes Lilla Edet wurde schon im Jahr 1917 im Anschluß an den Umbau des Trollhätte-Kanales, der auch erheblich auf das Kraftwerk eingewirkt hat, beschlossen. Als Trollhätte-Kanal bezeichnet man den schiffbaren Göta Älv und die zur Umgehung der drei genannten Fälle notwendigen kurzen Kanalstrecken mit Schleusen.

Abb. 1 zeigt einen Lageplan des Kraftwerkes Lilla Edet mit der neuen großen und der alten kleinen, nicht mehr im Betrieb befindlichen Schleuse des Trollhätte-Kanals, der an dieser Stelle den Fluß verläßt und auf einer kurzen Strecke mit Schleuse auf dem rechten Flußufer den Fall umgeht. Im Zusammenhang mit dem Umbau des Trollhätte-Kanals wurde der Wasserspiegel oberhalb des Falles bei Lilla Edet um rd. 2 m erhöht. Dadurch hat man die Schleuse bei Åkerström kurz unterhalb Trollhättan überflutet und somit entbehrlich gemacht und außerdem die Wassergeschwindigkeit im Fluß vermindert. Die geringere Wassergeschwindigkeit bewirkt auch günstigere Eisverhältnisse sowohl für die Schiffahrt wie für den Kraftwerkbetrieb, weil sie die frühzeitige Bildung einer schützenden Eisdecke erleichtert. In dieser Eisdecke können die mit eigener Kraft fahrenden Schiffe leicht eine Fahrrinne offen halten, während die bei unreguliertem Fluß im Winter leicht entstehende Anhäufung von Eisschollen die Schiffahrt unmöglich macht.

Die Stauerhöhung hat also die Schiffahrtsverhältnisse erheblich verbessert und das Bruttogefälle des Lilla Edet-Falles[2]) von etwa 4,8 m auf etwa 6,8 m erhöht, wodurch der Fall erst wirklich ausbauwürdig wurde. Hierfür hat

[1]) Siehe auch „Tekniska Meddelanden från Kungl. Vattenfalls styrelsen", Serie B Nr. 2 (1923).

[2]) s. a. Transactions of the world power Conference, Basel 1925, 1. Bd. S. 527.

Abb. 9
Versuchsanstalt Lilla Edet mit eingebauter Lawaczeck-turbine in der alten Schleuse b, Abb. 1. 1 : 200.

a Bremsdynamometer
b elektrisches Spill zum Zurückziehen des Meßschirmes

Abb. 13
Wagerechter Schnitt bei Höhe + 9,00.

Abb. 14
Wagerechter Schnitt bei Höhe + 3,5.

Abb. 15
Wagerechter Schnitt bei Höhe ± 0.

man ein großes Wehr erbaut, dessen mittlerer Teil als Walzenwehr mit zwei je 22 m langen Walzen ausgebildet wurde, Abb. 2 bis 8. Die Wehrschwelle liegt 3,5 m über dem mittleren Wasserstand im Kattegatt, der Nullhöhe der Höhenzahlen, ferner sind die Wehrwalzen 3,8 m hoch, so daß der Oberwasserspiegel beim Kraftwerk auf + 7,30 m liegt. Da nun das Fließgefälle zwischen Lilla Edet und dem Meer bei Mittelwasser rd. 0,5 m beträgt, steht im Mittel ein Bruttogefälle von rd. 6,8 m zur Verfügung.

Das Walzenwehr schließt am rechten Ufer an eine Betonmauer mit acht Öffnungen für die Rohrleitungen zu den Turbinen der Inlands Pappenfabrik A.-G. an, die während des Baues des Kraftwerkes noch im Betrieb waren. Die Verbindung mit dem linken Ufer bestand vorläufig aus dem verstärkten vorhandenen eisernen Steg über den Zulaufkanal zu den Turbinen der Lilla Edet Pappersbruck, gegen den dann eine Reihe hölzerner Schützentafeln gestützt wurden. Diese drosselten den Zulauf zu der bestehenden Turbinenanlage der Papierfabrik zunächst so, daß die Turbinen dieser Anlage trotz des erhöhten Oberwasserspiegels auch weiterhin ungefähr mit dem alten Gefälle betrieben werden konnten. Nach Stillegung und Abbruch der Fabrik dienten sie zum Absperren des Zulaufs. Hölzerne Fangdämme verbanden die Endpfeiler dieses Steges mit dem linken Ufer und dem linken Pfeiler des Walzenwehres. Auch auf der Unterwasserseite war die Baugrube durch einen großen hölzernen Fangdamm abgesperrt[3]).

Abb. 16
Luftkanäle für den Stromerzeuger des Turbinensatzes 2. 1 : 300.

Die ersten Vorschläge für den Bau des Kraftwerkes Lilla Edet zeigen, entsprechend dem damaligen Stand der Technik, eine große Anzahl Francisturbinen in Betonspiralen mit spezifischen Drehzahlen von 330 bis 415. Bei der großen Wassermenge und dem trotz Aufstauung des Oberwasserspiegels doch verhältnismäßig niedrigen mittleren Nutzgefälle von rd. 6,5 m war von vornherein wahrscheinlich, daß man aus wirtschaftlichen Gründen möglichst wenig große Einheiten mit hoher Schnelläufigkeit bevorzugen mußte, und so entschloß man sich, nach umfassenden Entwurfs- und Versuchsarbeiten[4]) in der Versuchsanlage, Abb. 9, beim Ausbau dieses Kraftwerkes neue Wege zu beschreiten.

Die Königl. Wasserfallverwaltung entschied sich nämlich für den Einbau von einer Kaplan- und zwei Lawaczeck-Turbinen, und hiermit war auch der Charakter des Kraftwerkes im wesentlichen bestimmt, Abb. 10 bis 15.

[3]) Für Konstruktion und Ausführung s. Westerberg: Teknisk Tidskrift Bd. 53 (1923) Abt. für Weg- und Wasserbaukunst S. 67.
[4]) Siehe Tekniska Meddelanden från Kungl. Vattenfallsstyrelsen Serie B Nr. 2 und 13.

Abb. 17 bis 19
Pumpenanlage. 1 : 125.

Krafthaus

Wegen der langen Saugrohre war es zweckmäßig, die Transformatoren, Schaltanlagen usw. in einem Seitenschiff über den Saugrohren unterzubringen. Schützen und Rechen sind in einem Seitenschiff über dem Einlauf untergebracht. Bei den schwierigen klimatischen Verhältnissen ist es erwünscht, Rechen und Schützen in einem geschlossenen Raum unterzubringen, um auf diese Weise deren Bedienung bei strenger Kälte zu erleichtern.

Die Turbinen sind in Betonspiralen untergebracht, deren Form auf Grund eingehender Versuche festgelegt wurde. Über der Spirale liegt der Maschinensaalboden. Auf diesen Boden führt das normalspurige Anschlußgleis herein. Die Stromerzeuger sind auf einem Zwischenboden aufgestellt, wo sich auch die Turbinenregler und Pumpen für das Drucköl der Regler befinden. Auf dem unteren Maschinensaalboden stehen nur solche Teile, die keiner regelmäßigen Überwachung bedürfen. Für Montage und örtliche Transportzwecke sind im Maschinensaal zwei Laufkrane von je 75 t Tragkraft vorhanden, in deren Lasthaken für schwere Teile ein Querbalken für Lasten bis 150 t eingehängt werden kann. Die Stromerzeuger erhalten die notwendige Kühlluft durch im Zwischenboden untergebrachte Luftkanäle, Abb. 16.

Pumpenanlage

Bei der Größe der Turbinen und dem verhältnismäßig kleinen Gefälle kann man die tiefgelegenen Teile des Kraftwerkes, insbesondere das Saugrohr und die Zulaufspirale, nur mittels Pumpen trockenlegen. Da es sich hierbei um recht erhebliche Wassermengen handelt, war die Pumpenanlage, Abb. 17 bis 19 reichlich zu bemessen und sorgfältig auszuführen. Von den vier Pumpen fördern die beiden großen Schleuderpumpen, die nur zum Auspumpen von Saugrohr und Zulaufspirale verwendet werden, je 20 m³/min, die Kolbenpumpe und eine weitere Schleuderpumpe, die das Leckwasser wegsaugen, je 2 m³/min. Die Schleuderpumpen haben wegen des beschränkten Raumes eine senkrechte Welle. Unterhalb der Saugrohre verläuft längs des ganzen Kraftwerkes ein Überwachungsgang, in welchen man das Wasser aus Saugrohren und Spiralen abläßt, damit es der Pumpengrube zufließt, aus der die Lenzpumpen saugen.

Rechen und Schützen

Abb. 11 zeigt die für Rechen und Schützen etwas ungewöhnliche Anordnung. Die Rechen sind senkrecht aufgestellt und liegen hier, wie bei allen staatlichen schwedischen Kraftwerken, innerhalb der Schützen. Diese Anordnung verkürzt die Baulänge der Anlage in der Stromrichtung, und man kann den Rechen, der sonst bei großen Tiefen schwer oder überhaupt nicht zu reinigen ist zwecks Befreiung von Eis oder Schwemmgut trockenlegen.

Neuerdings ist ja die Lösung der Frage der Rechenreinigung mittels gut durchgebildeter Rechenreinigungsmaschinen gelungen. Wenn es sich aber, wie im Norden, weniger um Schwemsel als um Eis handelt, dürften auch diese neuen Maschinen kaum leistungsfähig oder billig genug sein. Eine weitere Eigentümlichkeit der Rechen ist die senkrechte Anordnung statt der sonst üb-

Abb. 21 bis 26 Grobrechen für die oberen Mittelfelder. 1 : 80.

Abb. 20 (links) Rechen. Senkrechter Schnitt durch die Mittelöffnung des Einlaufs.

chen schrägen Stellung. Die senkrechte Stellung des echens war notwendig, weil sonst bei der großen Tiefe on rd. 15 m der Schützensaal erheblich breiter und urer geworden wäre.

Nach dem schwedischen Fischereigesetz sind Rechen, e verhüten sollen, daß Fische in die Turbine gelangen, cht erforderlich, solange der Fluß eine Eisdecke hat, reibeis führt oder so lange Grundeisbildung stattfindet. s ist aber doch zweckmäßig, wenigstens den Grobchen, der hauptsächlich dem Schutz der Turbine dient, ich während des Winters zu belassen. Der Rechen urde deshalb als vereinigter Grob- und Feinrechen nstruiert, derart, daß die Feinrechenfelder in den robrechen nach Wunsch auf einfache Weise eingesetzt nd entfernt werden können.

Da der Einlauf für jede Turbine in sechs Felder einteilt ist, wurde auch der Rechen entsprechend geteilt, ob. 11 und 14. Jedes Rechenfeld besteht aus einem hmen, dessen senkrechte Holmen aus genieteten lechträgern bestehen, Abb. 20 bis 26. Die Querrbindungen zwischen den Holmen bestehen aus hweren Doppelwulsteisen aus Stahlguß, Abb. 29, d an die Wulsteisen sind die senkrechten Stäbe s Grobrechens angeschweißt, Abb. 30. Die senkrechten Stäbe liegen 200 mm auseinander und in diese Felder werden, während der Zeit, wo der Fluß eisfrei ist, die Feinrechen, Abb. 27 und 28, die hier „Fischrechen" benannt sind, eingesetzt.

Bei der großen Wassergeschwindigkeit im Rechen, die hier zugelassen ist, mußten natürlich die Kanten der Grobrechenstäbe gut abgerundet und für die Stäbe des Feinrechens geeignete Profilformen verwendet werden. Dabei hat sich gezeigt, daß Fische, zu deren Schutz der Feinrechen angeordnet ist und die durch den Strom an den Rechen angeschwemmt werden, sich häufig nicht mehr losmachen können und verenden, während selbst große Fische die Turbinen ohne Schaden passieren können. Zur Reinigung werden die einzelnen Rechenfelder mit-

Abb. 27 und 28 Feinrechen für die oberen und unteren Felder.

Abb 29
Zwei Doppelwulsteisen aus Stahlguß für die Grobrechen. In die Aussparungen sind die Grobrechenstäbe eingeschweißt.

Abb. 30
Grobrechen für eines der oberen mittleren Felder.

Abb. 31 bis 35
Verschiedene Abstützungsarten für die Schützentafeln.

Abb. 36 bis 39
Schützentafel.

Abb. 40 und 41
Statisches System des Einlaufes zu den Spiralen.

Abb. 42
Statisches System des Saugrohrteiles mit darüber befindlichem Gebälk.

Abb. 43
Statisches System des Oberbaues.

els des Laufkranes hochgezogen, gegen die rückwärtige Vand gelehnt und abgekratzt.

Die Schützenkonstruktion ist bemerkenswert durch lie Übertragung des Schützendruckes auf das Bauwerk. Bisher ruhten die Schützentafeln meist auf Schienen, die n Nischen im Mauerwerk angeordnet waren, so daß das Mauerwerk sehr stark und teuer wurde. Bei großen Niederdruckwerken muß der Einlauf fast immer, wenn lie Schützentafeln annehmbare Abmessungen erhalten sollen, in mehrere Felder eingeteilt werden. In Lilla Edet sind nun diese Teilungsmauern nicht bis zum Einlaufquerschnitt des Kraftwerkes durchgezogen, sondern für Aufnahme der Schützen unterbrochen. Die Stütz- und Führungsschienen für die Schützentafeln sind in den Öffnungen der senkrechten Teilungsmauern angebracht.

Abb. 31 bis 35 zeigen fünf verschiedene Ausführungen; wobei die Gewichte der Schützentafeln mit Nischen, Dichtungen und Schienen nach Abb. 31 rd. 90 t, nach Abb. 32 rd. 87 t, nach Abb. 33 rd. 94, nach Abb. 34 rd. 85 und nach Abb. 35 rd. 66 t betragen.

Auch die Kosten der zugehörigen Bauteile sind bei Ausführung nach Abb. 35 kleiner als bei den anderen Lösungen. Um keine zu hohe Schützentafeln zu erhalten, sind sie in der Höhe unterteilt, Abb. 36 bis 39[5]).

[5]) Haglund, Teknisk Tidskrift Bd. 56 (1926) S. 50.

Außerhalb des Rechen- und Schützensaales und beim Saugrohrauslauf sind Nischen für Dammbalken angeordnet, die die ganze Einlauf- und Auslaufbreite überspannen. Die Dammbalken beim Einlauf brauchen nur eingesetzt zu werden, wenn der Einlauf trocken gelegt werden soll und die Schütze nicht in Ordnung ist. Die Dammbalken beim Saugrohraustritt müssen aber jedesmal eingesetzt werden, wenn das Saugrohr trockengelegt werden soll.

Betonkonstruktionen und Bauausführung[6])

Um die Abmessungen auf ein Mindestmaß zu beschränken und dadurch an Baukosten zu sparen, sind die meisten Konstruktionen in Eisenbeton ausgeführt worden. Bei ihrer Ausarbeitung hat man der Berechnung die in Abb. 40 bis 43 schematisch dargestellten Annahm zugrunde gelegt. Die Betonmischungen wurden so wählt, daß die Druckfestigkeit nach 28 Tagen mindest 180 kg/cm² betrug. Die Streckgrenze für Bewehrun eisen beträgt mindestens 2500 kg/cm².

Bei Ausführung der Sprengarbeiten für den Unt bau stieß man auf einen mit Sand gefüllten wass führenden Felsspalt von 5 bis 15 m Breite. Der Sp trat im Einlaufbecken vor dem Kraftwerk zu Tage u erstreckte sich mit geringer Neigung von Nordost n Südwest unter dem südlichen Teil des Wehres und un dem größten Teil des Kraftwerkes. Dieser Felssp wurde durch Einpressen von dünnem Zementmörtel dichtet[7]).

In einem weiteren Aufsatz werden wir auf die T binenanlage eingehen. [B 1067]

[6]) Westerberg, Tekniska Meddelanden från K. Vattenfallsstyrelsen Serie B Nr. 8, Teknisk Tidskrift Bd. 53 (1923) S. 170 Abt. für Weg- und Wasserbaukunst.

[7]) Westerberg Tekn. Meddelanden fr. K. Vattenfallsstyrels Serie B Nr. 7.

Zeppelin-Luftschiff LZ 127 „Graf Zeppelin“

Am 18. September 1928 hat das neue Zeppelin-Luftschiff LZ 127, das am 9. Juli auf den Namen seines Erfinders Graf Zeppelin (am Vortage war der 90. Geburtstag) getauft wurde, mit Erfolg seine erste Werkstättenfahrt und am 20. September seine erste Passagierfahrt ausgeführt. Das für einen Fahrtbereich von rund 10 000 km gebaute Verkehrsluftschiff ist 236 m lang, hat einen größten Durchmesser von 30,5 m und 105 000 m³ Gasinhalt. Die Abmessungen des Luftschiffes waren so groß wie möglich festgelegt worden, damit es in der vorhandenen großen Bauhalle der Werft in Friedrichshafen nach bau- und fahrtechnischen Gesichtspunkten eben noch Platz fand. Der allgemeine Aufbau ähnelt sehr dem des LZ 126[1]). Vorn an dem starren Gerippe des Schiffskörpers aus Duralumin ist die vordere Gondel mit den Räumen für die Schiffsführung und die Fahrgäste angeordnet. Das Luftschiff kann auf längerer Fahrt 20 Fahrgäste und eine größere Menge Fracht, Post und Gepäck im Gesamtgewicht von 15 t befördern.

Im Schiffsmittelteil sind zwei Paar Seitengondeln und dahinter eine Einzelgondel angeordnet, von denen jede mit einem Maybach-VL 2-Motor, Abb. 1, und unmittelbar getriebener Luftschrau ausgerüstet ist. Die von der Firma Maybach Motorenbau, G. b. H., Friedrichshafen, gebauten Motoren sind für Betrieb flüssigem oder gasförmigem Brennstoff eingerichtet. Jeder Mo hat 12 in V-Form angeordnete Zylinder von 140 mm Dmr. u 180 mm Hub und bei 1600 U/min 570 PS Nennleistung.

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 529.

Abb. 1
Luftschiffmotor, Bauart Maybach VL 2, von 570 PS Leistung für das Zeppelinluftschiff LZ 127 „Graf Zeppelin“.

Die mit Wasserkühlung versehenen Zylinder aus Graug tragen je ein E laßventil und zwei A puffventile, die m tels Schwinghebel u Stoßstangen von ei für alle Zylinder meinsamen Steuerwe angetrieben werd Diese Welle läßt s mittels eines Druckl kolbens verschieb wodurch der Mo umgesteuert wird. Kurbelwelle läuft sieben Rollenlage sie treibt über e Kegelkupplung ein zweistufigen Kompr sor, der die Druckl zum Anlassen und zu Umsteuern liefert u je nach Bedarf die Kurbelwelle an schlossen werden kan Auch die Pleuelstang sind mit Rollenlage für die Kurbelzapf ausgerüstet.

Wir hoffen, v maßgebender Ste eine ausführlichere V öffentlichung über d Luftschiff und sei neuartigen Einrichtu gen bringen zu könn nachdem die im Ga befindlichen Versuch insbesondere auch üb den Betrieb der M toren mit Treibg ausgewertet sein we den. [M 2059] G

Verdampfkühlung bei Kraftwagenmotoren

Vergleichende Versuche mit Wasser- und mit Verdampfkühlung nach dem Verfahren von Rushmore[1]) an einem neuen Chevrolet-Motor haben den günstigen Einfluß der Verdampfkühlung auf die erreichbare Höchstleistung, auf den Verlauf des Brennstoffverbrauchs, auf die Auspufftemperaturen und die Temperaturen der Auspuffventilsitze im gesamten Bereich von 1000 bis 2200 U/min bewiesen. Namentlich wird der Abfall der Leistung bei hohen Drehzahlen geringer, wenn man Verdampfkühlung angewendet. Als den wohl wichtigsten Vorteil der Verdamp kühlung bezeichnet aber der Bericht, daß sich der Mot bei Verdampfkühlung schneller anwärmt, so daß fast kein Verdünnung des Schmieröls im Kurbelgehäuse auftritt.

Ein Nachteil der Verdampfkühlung ist, daß bei schnelle Anhalten des Motors nach längerem Lauf mit großer B lastung starkes Nachdampfen des Kühlwassers eintritt, w durch Kühlwasser verloren gehen kann; doch kann ma diesen Übelstand vermeiden, wenn man den Motor kurz Zeit leer weiterlaufen läßt. („Mechanical Engineering September 1928 S. 695/99*) [N 2046 c] H.

[1]) s. Z. Bd. 72 (1928) S. 339.

Schnellauf bei Dieselmotoren

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der schnellaufenden, namentlich der kompressorlosen Motoren

Von Dr.-Ing. Alfred Reinsch, Düsseldorf

Vorgetragen am 9. Juni 1928 in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Nach Aufführung der Gründe, warum man danach strebt, schnellaufende Motoren und vor allem solche zu bauen, die nach dem Dieselverfahren arbeiten, wird die Geschichte des Klein-Dieselmotors kurz gestreift. Dann werden die verschiedenen Arbeitsverfahren und die besonderen konstruktiven Maßnahmen erörtert, die den Schnellauf ermöglichen; über die damit von den einzelnen Firmen erzielten Lösungen der Aufgabe wird berichtet und zum Schluß noch auf die bisherigen Anwendungsgebiete dieser Motoren kurz eingegangen.

Die Notwendigkeit, schnellaufende Motoren zu bauen, ergibt sich für viele Verwendungszwecke, vor allem für Fahrzeuge, aus der Forderung, daß die Antriebmaschinen möglichst wenig Raum und Gewicht beanspruchen und die Ersparnis der Nutzlast oder der Bequemlichkeit der Fahrgäste zugute kommen sollen. Dabei versteht man unter Schnelläufern im allgemeinen Motoren, die wenigstens mit 1000 U/min arbeiten.

Der Wunsch, gerade den Dieselmotor als Schnelläufer auszubilden, hat seine Ursache vor allem darin, daß diese Motorengattung das billigere Schweröl verarbeitet und noch dazu thermodynamisch hochwertig ausnutzt, woraus sich als weiterer Vorteil die größere Reichweite von Fahrzeugen mit Dieselmotoren ergibt. Eine besondere Annehmlichkeit liegt außerdem in der geringeren Entzündbarkeit des Schweröls, wodurch Betriebsgefahren und Schwierigkeiten in der Unterbringung der Fahrzeuge und des Brennstoffs vermindert werden.

Die Entstehung des Kleindieselmotors, besonders des Fahrzeugmotors, geht daher bis zu den Anfängen des Dieselmotors selbst zurück. Schon 1893 erwähnt ihn Diesel in seiner Schrift „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors" mit den Worten: „der Motor läßt sich fast ohne Änderung an den bestehenden Pferdebahnwagen anbringen, ja auch an anderm Fuhrwerk ist er leicht anzubringen." Die zahlreichen Versuche der folgenden zwanzig Jahre, den Gedanken in die Tat umzusetzen, sind aber fehlgeschlagen. Der Hauptgrund lag in der Schwierigkeit der Aufgabe. Man steckte noch zu tief in den ersten Anfängen der Entwicklung, um schon mit dem Fahrzeug-Dieselmotor fertig werden zu können, der in bezug auf Drehzahl, Regelbarkeit, vollständige Verbrennung, leichtes Gewicht und geringen Raumbedarf viel höhere Anforderungen stellt als langsam laufende Motoren.

Aber auch, als man gelernt hatte, manche der ersten Schwierigkeiten zu beherrschen, kam man zunächst nicht mehr auf den Fahrzeug-Dieselmotor zurück. Einmal hatte sich inzwischen dem Dieselmotor im ortsfesten und im Schiffsmaschinenbau ein gewaltiges Feld eröffnet; anderseits hatte sich der von Anfang an zum Antrieb der Kraftfahrzeuge verwendete Verpuffungsmotor zu einer solchen Vollkommenheit entwickelt, daß man kaum noch den Versuch wagte, ihn durch den Dieselmotor zu verdrängen, wozu bei den damaligen Preisen der Brennstoffe auch kein besonderer Anlaß vorlag.

Als nach dem Kriege gerade die Preisfrage den Gedanken an die Verbrennung schwerer Öle wieder aufsuchen ließ, wagte man sich zunächst wieder nicht an den Kleindieselmotor heran, mit der stets gleichen Begründung, das wegen der hohen Betriebsdrücke notwendige große Gewicht schließe den Dieselmotor von der Verwendung im Kraftfahrzeug aus. Eine Verminderung des Gewichts lasse sich auch nicht durch die bei Verpuffungsmotoren üblichen hohen Drehzahlen erreichen, weil hierbei die Zeit zum Einblasen und Verbrennen des Treiböls so kurz werde, daß sie für die vollständige Verbrennung nicht mehr genüge.

Man versuchte daher, die Verpuffungsmotoren für Schwerölbetrieb einzurichten. So entstanden die zahlreichen Schwerölvergaser, die sich meist schon nach kurzer Betriebzeit als praktisch unbrauchbar erwiesen. Erst Tartrais[1]) wandte wieder das Hauptaugenmerk der Anpassung des Motors an den Brennstoff zu; allerdings glaubte er, die Frage mittels einer Art von Glühkopf lösen zu können.

Wiederaufleben des Fahrzeug-Dieselmotors.

In Deutschland dagegen versuchten jetzt nacheinander mehrere Fabriken, auf dem Wege des Dieselverfahrens zum Schnelläufer zu gelangen. Die Aussicht, das bisher thermisch und wirtschaftlich günstigste Verfahren motorischer Verbrennung, insbesondere das für schwere flüssige Brennstoffe am besten geeignete, vielleicht doch mit den schon fest umrissenen Bedingungen, vor allem des Kraftwagenbetriebes, vereinigen zu können, war verlockend genug, um einmal alle Gründe, die so oft und teilweise von berufener Seite gegen die Verwendbarkeit des Dieselverfahrens für diesen Zweck vorgebracht worden waren, auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Abb. 1
Schnellaufender Dieselmotor der Firma Maybach-Motorenbau.

Gewiß braucht der Dieselmotor infolge seiner höheren Drücke ein stärkeres Triebwerk, und er ist daher bei hohen Drehzahlen dem Vergasermotor gegenüber im Nachteil. Man erkannte aber, daß dies Mehrgewicht nicht mehr als rd. 15 vH beträgt, so daß es dem Dieselmotor hohe Drehzahlen nicht verschließen kann.

Das Erreichen von hohen Drehzahlen hängt beim Dieselmotor in erster Linie von der Vollkommenheit und Geschwindigkeit der Verbrennung ab. Deshalb ist gerade bei Schnelläufern darauf zu achten, daß der Brennstoff in feinste Tröpfchen zerrissen und im Verbrennungsraum möglichst gleichmäßig verteilt wird. Außerdem muß der Wärmeübergang von der heißen, im Verbrennungsraum vorverdichteten Luft an den eingespritzten Brennstoff möglichst schnell stattfinden. Dieser Wärmeübergang vollzieht sich um so rascher, mit je höherer Geschwindigkeit man den Brennstoff einspritzt.

Luftzerstäubungsverfahren

Einige Werke versuchten die Lösung des Schnelläuferproblems mit dem klassischen Dieselverfahren durch Einblasen des Brennstoffes mittels Druckluft. Dieses Verfahren erfüllt in fast idealer Weise die genannten Bedingungen für die Verbrennung des Schweröls in schnellaufenden Maschinen mit Selbstzündung. Der

[1]) Franz. Pat. 359 002, 359 003, 363 521.

Brennstoff wird durch die hoch gespannte Luft sehr fein zerteilt. Die Tröpfchen erhalten die nötige Energie, um mit großer Geschwindigkeit durch den Verdichtungsraum zu dringen und dort starke Luftwirbel hervorzurufen, wodurch eine gleichmäßige Durchmischung erreicht wird. Die Schwierigkeiten des Einblasekompressors werden vielfach überschätzt.

Der Firma Maybach-Motorenbau, Friedrichshafen, ist es gelungen, auf diesem Wege einen schnellaufenden Dieselmotor zu schaffen, Abb. 1, der sich bisher gut bewährt hat. Er hat sechs Zylinder von 140 mm Dmr. und 180 mm Hub und ist für eine Höchstdrehzahl von 1300 U/min bestimmt. Seitlich an jedem Zylinder sitzt das Brennstoffventil. Dieses arbeitet mit Düsenregelung bei gleichbleibendem Nadelhub, wodurch sich der Motor bei günstigem Brennstoffverbrauch allen Belastungen anpassen läßt.

Aber auch der beste Kompressor bedingt Raum nud Gewicht, macht die Bauart der gesamten Maschine durch sich selbst, durch das verbindende Rohrleitungsnetz sowie durch den Antrieb und die Regelung der Brennstoffventile verhältnismäßig verwickelt und stellt gewisse Anforderungen an die Wartung. All dies wirkt sich um so eher störend aus, je kleiner die Räume und Gewichte sind, die zur Verfügung gestellt werden können, und je weniger sorgfältig die Wartung des Maschinensatzes sein kann, also besonders bei Motoren für Kraftwagen und Kleinboote. Diese Gebiete sind aber das Ziel der meisten Diesel-Schnelläufer-Konstruktionen. Daher wandte sich die Mehrzahl der Fabriken dem Verfahren der unmittelbaren Einspritzung des Brennstoffs zu, das infolge seiner baulichen Einfachheit auch bei großen Motoren inzwischen immer mehr Anhänger gewonnen hatte.

Ein Teil der Fabriken versuchte das Verfahren, das an den großen Maschinen erprobt war, auf die kleinen Schnelläufer zu übertragen. Hierher gehörten meist die Werke, die zuvor die Dieselmaschinen mit Lufteinspritzung gebaut und daraus Motoren mit Druckzerstäubung entwickelt hatten. In einer Fabrik wurde das sogenannte Luftspeicherverfahren[2]) durchgearbeitet. Die übrigen wandten sich dem Vorkammerverfahren zu und bildeten es in verschiedenen Abarten aus.

Druckzerstäubungsverfahren

Das einfachste Verfahren besteht darin, den Brennstoff statt durch Druckluft unter hohem hydraulischen Druck durch sehr feine Düsenöffnungen in den Verbrennungsraum einzustäuben. Dabei müssen die Brennstoffteilchen noch soviel Energie behalten, daß sie den Verbrennungsraum mit großer Geschwindigkeit durcheilen und die Forderung des schnellen Wärmeüberganges und der gleichmäßigen Verteilung in der Verbrennungsluft erfüllen, damit sich ihre Zündung nicht verzögert. Die geforderte Feinheit der Zerstäubung bedingt also verhältnismäßig sehr hohe Einspritzdrücke. Verschiedene Ausführungen beweisen jedoch, daß dies weder die Brennstoffpumpen wesentlich verteuert, noch die Betriebsicherheit der Motoren gefährdet.

Die Rücksicht darauf, daß die Einspritzmengen schon bei Vollast dieser verhältnismäßig kleinen Motoren sehr klein, bei Leerlauf aber ganz winzig sind, stellt hohe Anforderungen an die Genauigkeit des Abmessens des Brennstoffs und der Regelung der Mengen zwischen Leerlauf und Vollast, vor allem bei Fahrzeugmotore mit ihren stets wechselnden Drehzahlen und Belastu gen. Die Einspritzzeiten werden bei hohen Drehzahle sehr kurz. Um hierbei die nötigen Brennstoffmenge einführen zu können, und ein Nachtropfen der Düse z verhindern, muß man die Druckleitung sofort nach de Einspritzen entlasten. Außer der Mengenregelung fü die jeweilige Belastung haben diese Brennstoffpump meist noch eine Vorrichtung zum Ändern des Einsprit beginns, damit man den Zündzeitpunkt der jeweilig Drehzahl anpassen kann.

Ein kennzeichnendes Beispiel dieser Pumpenart stel die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnber her[3]); diese Pumpe arbeitet mit 300 at, hat Mengen- u Zündpunktregelung und eine besondere Entlastung vorrichtung, die so wirkt, daß die Druckleitung am En des Förderhubes durch Öffnen eines Überströmventi plötzlich mit der Außenluft verbunden wird.

Die Pumpe spritzt den Brennstoff durch eine gleic mäßig ansteigende Rohrleitung und eine offene Düse v der Seite her in den Zylinder. Das macht eine besonde Entlüftvorrichtung überflüssig. Das seitliche Einspritze führt zu besonders einfachem Aufbau des Deckels, g stattet die Unterbringung großer Ventilquerschnitte u bequemen Ausbau der Di sen. Die Gefahr, daß sie die Düsenlöcher zusetze ist nicht sehr groß. Ein Ve stopfen könnte nur dur Fremdkörper eintreten, d von der Pumpe herkomme diese müssen durch Filt ferngehalten werden. Wac sen dagegen die Düsen v der Zylinderseite her zu, s beweist das mangelhafte Ei regelung der Maschine, d sich in der Düse normale weise kein Sauerstoff b findet, der Ansatz also nu durch Nachbrennen ents hen kann.

Abb. 2
Dieselmotor der Linke-Hofmann-Werke auf dem Versuchstand. Brennstoffpumpenseite, Verkleidung abgenommen.

Die vorderste Düsenpla hat eine von der Düsenach abweichende Bohrung, dur die der Brennstoff tangenti eingespritzt wird, so daß der Drehung des Luftwi bels folgt, die durch A schirmen des Einlaßventi eingeleitet wird; das ist e weiteres Mittel, um den Wärmeaustausch zwischen Ve brennungsluft und Brennstoff sowie dessen gleichmäßi Verteilung im Verbrennungsraum zu fördern. Im wesen lichen nach demselben Verfahren arbeitet der Motor d Germaniawerft Kiel, dessen Düse aber in d Mitte des Zylinders angeordnet und mit mehreren Löche versehen ist.

Das Druckzerstäubungsverfahren wird auch bei Schnelläufer der Firma Junkers-Motorenba Dessau, benutzt[4]). Hier werden Pumpendrücke v 700 at angewendet, die aber die Pumpe anstandlos übe windet. Im übrigen ist die Brennstoffpumpe, da sie ihrem Liefergrad offenbar nur wenig auf Drehzah änderungen anspricht, noch mit einer besonderen Rege vorrichtung versehen, die bei sinkender Drehzahl selbs tätig eine verhältnismäßig größere Fördermeng einstellt.

Auch beim Junkers-Motor bildet die Düse den obe sten Punkt der Brennstoff-Druckleitungsanlage, so da sie keine besondere Entlüftung braucht. Die Düse sit seitlich in der Mitte des Zylinders und ist durch zw Rillen im Kegel der Nadel zu einer Art Flachbrenne ausgebildet, damit sich in dem scheibenförmigen Ve brennungsraum der Brennstoff möglichst breit verteil

[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 765.

[3]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1436, vergl. auch Sonderheft „Dieselmaschinen II dieser Zeitschrift, Berlin 1927, VDI-Verlag.

[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 405.

Die Verteilung und der schnelle Wärmeübergang von der Luft auf den Brennstoff werden hier unterstützt durch die Drehung, in die die Verbrennungsluft beim Eintritt durch ie tangentialen Spülschlitze versetzt wird und die sich ach während des Verdichtens bis in die Zeit des Einspritzens hinein nahezu vollständig erhält.

Abweichend hiervon, wenn auch gleichfalls nach dem Verfahren der Druckzerstäubung, arbeitet der Motor der Linke-Hofmann-Werke, Breslau, Abb. 2. Die Brennstoffpumpen der einzelnen Zylinder sind hier nicht n einem Block oder in zwei Blöcken zusammengefaßt, sondern für jeden Zylinder seitlich im Zylinderdeckel so eingebaut, daß ihr Druckventil zugleich das Einspritzventil darstellt. Dieses Druckventil ist als federbelastetes Nadelventil ausgebildet. Bei diesem Motor fehlt also die Brennstoff-Druckleitung ganz, womit eine besonders im Kraftwagenverkehr häufige Störungsmöglichkeit entfällt. Zur weiteren Vereinfachung ist auch das Saugventil so gebaut, daß es ohne Hebel und Gestänge unmittelbar durch den Pumpenkolben gesteuert wird.

Abb. 3
Acro-Außenspeichermotor mit wagerechter Düsenlage.

Luftspeicher-Verfahren

Das Luftspeicherverfahren wird nach den Acro-Patenten entwickelt[5]). Das Kenzeichnende ist die Dreiteilung seines Verbrennungsraumes. teilung seines Verbrennungsraumes. Der Luftspeicher steht mit dem Verdichtungsraum durch einen Trichter in Verbindung, der am unteren Rand eine Drosselstelle bildet. Bei Abwärtsgang des Kolbens entsteht infolge der damit verbundenen sehr raschen Vergrößerung des Verdichtungsraumes ein Überdruck im Luftspeicher, so daß die heiße Verbrennungsluft von dort in den Trichter hineinströmt und mit dem eingespritzten Brennstoff durchgewirbelt wird. Dieser kann also mit verhältnismäßig niedrigem Druck, etwa 60 at, eingespritzt werden, weil der Luftstrom die weitere Zerstäubung besorgt.

Der zwischen Luftspeicher und Verdichtungsraum entstehende Druckunterschied steigt mit der Drehzahl des Motors und damit steigt auch die Luftgeschwindigkeit vom Speicher zum Trichter hin. Diese Erscheinung ist im Fahrbetrieb mit seinen dauernd wechselnden Drehzahlen wesentlich, da durch die hohe Luftgeschwindigkeit auch bei hohen Drehzahlen vollkommene Verbrennung erreicht und Qualmen des Motors verhindert wird.

Die Ausbildung des Kolbens als Luftspeicher bringt eine Steigerung des Kolbengewichtes mit sich, die bei sehr hohen Drehzahlen zu hoch sein kann. Bei einer weiteren, für sehr hohe Drehzahlen bestimmten Ausführung des Acro-Motors hat man daher den Luftspeicher vom Kolben getrennt und im Zylinderkopf untergebracht, Abb. 3. Innenspeichermotoren haben Drehzahlen bis zu 000 U/min erreicht, während Außenspeichermotoren mit 2500, im Leerlauf sogar mit 3000 U/min betrieben wurden. Ob Außen- oder Innenspeicher auszuführen ist, hängt von Bauart und Verwendung des Motors ab.

Der allgemeine Aufbau der Brennstoffpumpe geht aus Abb. 4 und 5 hervor. Seitlich am Pumpengehäuse ist der Spritzmomentversteller angeordnet. Eigenartig ist,

Abb. 4. Querschnitt. Abb. 5. Längsschnitt.

Abb. 6
Entlastung der Druckleitung durch Senkventil.

Abb. 4 bis 6
Brennstoffpumpe von Bosch.

a Pumpenzylinder
b Hülse
c Zahnrad
d Zahnstange
e kolbenartiger Fortsatz (Senkventil)
f Längsnut

[5]) Z. Bd. 71 (1927) S. 765.

daß die Fördermenge durch Verdrehen des Pumpenkolbens verändert wird. Zu diesem Zweck ist über den Pumpenzylinder *a* eine drehbare, aber nicht längs verschiebbare Hülse *b* geschoben. An ihrem unteren Teil befinden sich Längsschlitze, in die ein am Kolben sitzendes Querstück hineinragt; dadurch wird die Drehbewegung der Hülse auf den Kolben übertragen. Oben an der Hülse ist ein Zahnrad *c* befestigt, das in die längsverschiebbare Zahnstange *d* eingreift.

In der tiefsten Kolbenstellung kann der Brennstoff durch die beiden Bohrungen im Pumpenzylinder eintreten. Beim Aufwärtsgang des Kolbens beginnt die Förderung mit Abschluß der Löcher und dauert so lange, bis die geneigte Kante des Kolbens die Bohrung nach dem Saugraum wieder frei gibt, s. Abb. 6, worauf der noch über dem Kolben stehende Brennstoff über eine Längsnut *f* in den Saugraum fließt. Die Fördermenge hängt also von der Stellung der Kolbenkante zu der Bohrung nach dem Saugraum ab; sie ist am größten, wenn der tiefste Punkt des Kolbens senkrecht unter der Bohrung steht, und wird null, wenn infolge der Verdrehung des Kolbens die Nut *f* vor die Bohrung kommt.

RZ 1930 Z 7

Abb. 7
Düse des Acro-Motors.

Das Druckventil der Einspritzpumpe hat auch die Aufgabe, am Schluß der Brennstofförderung die Druckleitung zu entlasten. Es ist zu diesem Zweck besonders ausgebildet, Abb. 6. Unterhalb des Ventilkegels paßt ein kolbenartiges Senkventil *e* saugend in die Bohrung des Ventilkörpers. Eine Längsbohrung im Ventilschaft mündet in eine unter dem Kolben *e* angebrachte Querbohrung. Beim Druckhub wird das Druckventil soweit gehoben, daß die Querbohrung frei wird und der Brennstoff aus dem Druckraum in die Druckleitung gelangen kann. Am Ende der Förderung sinkt der Druck im Pumpenzylinder infolge der Verbindung von Druck- und Saugraum. In der Druckleitung dagegen sucht der höhere Druck zusammen mit der Feder das Druckventil zu schließen.

Beim Herabsinken des Ventils verschwindet also zunächst die Querbohrung in der Bohrung des Ventilkörpers, und anschließend daran taucht der Kolben *e* in diese Bohrung ein. Ist der Ventilkegel auf seinem Sitz angelangt, so ist der Inhalt der Druckleitung gegenüber dem Zustand während der Brennstofförderung um den Inhalt des Tauchkolbens vergrößert. Diese beträchtliche Raumvergrößerung führt eine plötzliche und völlige Entspannung der Flüssigkeitssäule in der Druckleitung und in der Einspritzdüse herbei, so daß die Düsenfeder die Düsennadel schlagartig auf ihren Sitz drückt. Die Brennstoffeinspritzung wird also jäh unterbrochen und das Nachtropfen von Brennstoff aus der Düse verhindert. Bei Druckleitungen von üblicher Länge sinkt der Flüssigkeitsdruck infolge dieser Entlastung auf 1 at.

Die Pumpe wird je nach der Zylinderzahl bis zu sechs Einheiten in einem Block gebaut. Die Düse, Abb. 7, ist ein federbelastetes Ventil, also geschlossen, und wird vom Brennstoffdruck gesteuert. Die Düsennadel endigt in einem Zapfen, der mit geringem Spiel in die Düsenbohrung ragt.

Vorkammerverfahren

Nächst dem Druckzerstäubungsverfahren hat das Vorkammerverfahren die meisten Anhänger. Eine besondere Art hat die Firma Gebr. Körting A.-G. entwickelt, Abb. 8. In der Mitte des Zylinderkopfes ist, allseitig gekühlt, eine Vorkammer angeordnet, die mit dem Verbrennungsraum durch einen verhältnismäßig langen, engen und ebenfalls gekühlten Kanal in Verbindung steht. In möglichst kurzem Abstand von der oberen Mündung dieses Kanals befindet sich die Einspritzdüse. Der Brennstoff wird unter verhältnismäßig niedrigem Druck durch die Düse in geschlossenem Strahl unmittelbar auf die Wand des Kanals gespritzt.

RZ 1930 Z 8

Abb. 8
Vorkammermotor von Gebr. Körting, Hannover.

Das Einspritzen muß so früh beginnen, daß der von der Wand abprallende Brennstoff von dem heißen Luftstrom, der beim Aufwärtsgang des Kolbens infolge der Drosselwirkung im Kanal entsteht, erfaßt und entgegen der Einspritzrichtung nach der Zündkammer hin zerstäubt wird. Dort vermischt sich der Brennstoff mit Luft und entzündet sich, sobald die Zündungstemperatur erreicht ist. Infolge der Drucksteigerung und der daraus folgenden heftigen Strömung heißer Gase aus der Kammer in den Verbrennungsraum des Zylinders wird der weiter eingespritzte Brennstoff unmittelbar in den Zylinder mitgerissen und zerstäubt. Der unzerstäubt eingespritzte Brennstoff wird also, wenigstens zum größten Teil, pneumatisch zerstäubt; im Gegensatz zum klassischen Dieselverfahren aber ist das zerreißende Mittel hier nicht kalt, sondern heiß.

Bei dem Vorkammermotor der Daimler-Benz-A.-G., der mit 1300 U/min läuft, Abb. 9, sind Einspritzventil und Vorkammer ungefähr in der Mitte des Zylinderkopfes angeordnet. Die Brennstoffpumpe spritzt mit etwa 60 at am Ende des Verdichtungshubes in die Vorkammer *a* ein, in der ein Druck von etwa 35 at herrscht, während im Verdichtungsraum *b*, bedingt durch die kleinen Querschnitte der Löcher im Düsenstück *c*, der Druck etwas höher ist.

Beim Erreichen der Zündtemperatur tritt in der Vorkammer eine Teilverbrennung ein. Die damit verbundene Drucksteigerung treibt die heißen Gase aus der Vorkammer in den Verdichtungsraum, wobei sie den gesamten in die Vorkammer eingespritzten Brennstoff mitreißen und durch die feinen Löcher in den Zylinder hinein zerstäuben.

In diesem Vorgang liegt wieder die Begründung für den verhältnismäßig niedrigen Einspritzdruck, da auch eine nicht sehr weit getriebene Zerstäubung ausreicht, um die Verbrennung in der Vorkammer durch feinen Brennstoffstaub einzuleiten. Brennstoffpumpen und Einspritzventile werden von R. Bosch A.-G. bezogen.

Da die Güte der Zerstäubung bis zu einem gewissen Grade von der Motordrehzahl abhängt, so genügt bei der verhältnismäßig niedrigen Anlaßdrehzahl die Zerstäubung nicht, zumal auch die Temperatur im Verdichtungsraum bei der kalten Maschine niedriger ist. Daher sind in der Vorkammer Kerzen von Bosch eingebaut, die beim Anlassen kurze Zeit durch den Strom der Anlasserbatterie zum Glühen gebracht werden.

Nach dem gleichen Verfahren mit geringen Abänderungen arbeitet auch der Fahrzeugmotor der Motorenfabrik Deutz, Abb. 10 und 11. Das federbelastete

Abb. 9
Vorkammermotor der Daimler-Benz-A.-G.
a Vorkammer *b* Verdichtungsraum *c* Düsenstück

inspritzventil und die darunter befindliche Vorkammer nd seitlich im Zylinderkopf angeordnet, damit man die in- und Auslaßventile auf dem ganzen Zylinderdurchesser unterbringen kann. Auch hier ist Glühkerzenindung für das Anlassen der kalten Maschine vorgehen. Das Anspringen soll weiter eine Abschnappkuppng im Antrieb der Brennstoffpumpe, Abb. 12 bis 14, chern, die auch bei der niedrigen Anlaßdrehzahl ein harfes Einspritzen des Brennstoffes ergibt und die geu der bekannten Kupplung für den Antrieb von Zündagneten entspricht.

Im übrigen wird die bei kleinen schnellaufenden ehrzylindermotoren besonders schwierige Verteilung r geringen Brennstoffmengen auf alle Zylinder durch ine einstellbaren Teile, sondern sehr genaue Werkattarbeit gesichert, was die Möglichkeit falscher Pumneinstellungen ausschließt.

Anwendungsgebiete

Das Problem des schnellaufenden Kleindieselmotors rd also von vielen Seiten her verfolgt und hat veriedene Lösungen ergeben, die der neuen Motorart beits den Eintritt in die dafür in Betracht kommenden biete gestatten; es ist nicht zweifelhaft, daß die weie Vervollkommnung der jetzigen Motoren das Feld r ihre Anwendung noch bedeutend rgrößern wird. Der Aufbau lehnt h trotz der Verschiedenheit der Verren und der dazu erforderlichen uteile im wesentlichen an die entrechenden Vergasermotoren an.

Die stärkeren Motoren dienen zum trieb von Triebwagen, auch größere nelle Boote werden schon mit solen Motoren ausgerüstet. Die meisten briken verlegen sich aber darauf, aftwagenmotoren zu entwickeln.

Außer auf diesem Gebiet, das augencklich das Hauptinteresse der Konukteure findet, eignet sich der kleine eselschnelläufer für den Antrieb von mpen und Stromerzeugern und für dre ortfeste Zwecke, wie den Betrieb n Kranen, Baggern und Aufzügen.

[B 1930]

Abb. 10 und 11. Zylinderkopf zum Fahrzeugmotor der Motorenfabrik Deutz A.-G.

Abb. 12 bis 14. Abschnappkupplung im Antrieb der Brennstoffpumpe; Motorenfabrik Deutz A.-G.

Neuere deutsche Raupenschlepper für die Landwirtschaft

Von Dipl.-Ing. Bruno Victor, Berlin-Lankwitz

Konstruktive Einzelheiten des Linke-Hofmann-Raupenschleppers und des Raupenstocks der Stock-Motorpflug, A.-G. unter Hervorhebung der beachtenswerten Neuerungen. — Aussichten auf wettbewerbfähige deutsche Schlepper sind vorhanden.

Die Erfahrungen, die während des Krieges mit den Tanks bei der Überwindung von Geländeschwierigkeiten gemacht worden waren, sind der Einführung von Raupenschleppern in die Landwirtschaft günstig gewesen, obwohl Raupenketten an landwirtschaftlichen Zugmaschinen bereits vor dem Kriege bekannt waren. Allerdings sind die Erfahrungen, die mit den ersten Raupenschleppern gemacht wurden, nicht allzu ermutigend gewesen, da die Fahrzeuge auf sandigen Böden wegen des hohen Quarzgehaltes besonders an den Raupenlaufwerken starke Abnutzungen erlitten. Erst in neuerer Zeit ist es gelungen, durch geeignete Konstruktion und Werkstoffwahl auch für leichtere Bodenarten brauchbare Maschinen herzustellen, die bei angemessenen Preisen wirtschaftlich in der Landwirtschaft verwendet werden können.

Radschlepper haben vor Raupenschleppern den geringeren Anschaffungspreis voraus, ihre Zughakenleistung beträgt im allgemeinen im landwirtschaftlichen Betrieb nur rd. 25 bis 30 vH der Motorleistung gegenüber etwa 50 vH beim Raupenschlepper. Der Landwirt wird daher bei angemessenen Preisen wegen der höheren Ausnutzungsmöglichkeit der Motorkraft und der größeren Unabhängigkeit von Bodenschwierigkeiten in Zukunft auch dem Raupenschlepper erhöhte Aufmerksamkeit zuwenden.

Eine gute konstruktive Lösung scheinen neuerdings die Raupenschlepper der Linke-Hofmann-Werke, A.-G., Breslau, und der Stock-Motorpflug, A.-G., Berlin-Niederschöneweide, darzustellen.

Der Raupenschlepper der Linke-Hofmann-Werke

Der LHW-Raupenschlepper, Patent Stumpf, der Linke-Hofmann-Werke, Abb. 1 bis 3, war erstmalig auf der Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Breslau 1926[1]) zu sehen. Es erregte damals Aufsehen, daß der Preis dieses 50pferdigen Schleppers verhältnismäßig gering war, was nur dadurch erreicht werden konnte, daß sein Gewicht niedrig gehalten wurde und daß die Konstruktion einfach war und die Grundsätze neuzeitlicher Massenherstellung berücksichtigte. Der allgemeine Bau des LHW-Schleppers ist dadurch gekennzeichnet, daß für seinen Aufbau die rahmenlose Bauart gewählt wurde, wie sie die deutsche Landwirtschaft zuerst in dem amerikanischen Fordson-Schlepper kennenlernte. Eine aus Stahlblech gepreßte Wanne trägt den vierzylindrigen Kämper-Motor (103 mm Zyl.-Dmr., 166 mm Hub), der mit Benzol bei 1200 U/min etwa 50 PS leistet.

Das bei Motorschleppern wegen des Arbeitens in staubiger Luft sehr wichtige Luftfilter, im vorliegenden Fall ein Delbag-Filter, befindet sich außerhalb der Motorhaube. An die Stahlblechwanne schließt sich ein Stahlgußgehäuse zur Aufnahme des Schaltgetriebes und de Ausgleichgetriebes an, Abb. 4 bis 6. Das Schaltgetrieb hat drei Vorwärtsgänge und einen Rückwärtsgan für theoretisch 4,3, 5,8 und 13,2 und 3 km/h Fahrgeschwi digkeit. Zwischen Schalt- und Ausgleichgetriebe ist ein Vorgelegewelle *l* eingebaut, von der aus mittels eine außerhalb des Gehäuses fliegend angeordneten Kette rades *m* eine Riemenscheibe oder eine Seilwinde angetri ben werden kann. In diesem Falle ist das auf der Vor

a Kupplungshebel
b Schalthebel
c Gashebel
d Bremshebel
e Bremsnachstellung
f Bremshebel für die Wind
g Seiltrommel
h Zugvorrichtung
i Brennstoffilter
k Luftfilter
l Kupplungsnachstellung
m Ausrücker für die Wind
n Seil

Abb. 1 bis 3. Raupenschlepper der Linke-Hofmann-Werke, Breslau, Patent Stumpf.

gelegewelle befindliche Antriebsritzel *i* vom Ausgleich getriebe abzukuppeln. Hierzu dient die Ausrückkupp lung *k*.

Die Wellen des Ausgleichgetriebes tragen die Rau pentriebräder (Kettenräder), mit denen die mit Ferodo Asbest beschlagenen Bremstrommeln für die Lenk bremsung verschraubt sind. Der Raupenschleppe wird also gelenkt, indem je nach der gewünschten Fahrt richtungsänderung mittels der Bremshebel *h* über Brems nocken *f* und Kniehebel *c* die Innenbremsbacken *a* de einen oder anderen Seite zum Anliegen gebracht werden Das so herbeigeführte Zurückbleiben einer der Raupen ketten ist nur dank des Differentialgetriebes möglich.

Die Raupenketten nehmen das Schleppergewich durch je zwei Paar Laufrollen *a*, Abb. 7, auf, die i Rollenlagern *c* liegen und durch Blattfedern z einem Rollenwagen vereinigt sind, der sich mit tels Spiralfedern gegen den Schlepperrumpf stützt. Di Ausweichmöglichkeit der Raupenketten ist also durch di Federungswege der Rollenwagen begrenzt. Die Raupen werden vorn durch Spannrollen (Führungsräder) umge lenkt, die im Laufrollenkasten federnd gelagert sind Abb. 8. Hierdurch werden schädliche Kräfte von Kette Getriebe usw. ferngehalten, die beim Eindringen von Steinen und dergl. zwischen Kette und Kettenrad ent stehen. Durch Verstellen der Führungsräder können di Raupenketten nachgespannt werden, ohne daß der Feder

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 39 und „Technik in der Landwirtschaft", Mitt. des Verb. landw. Maschinenprüfungsanstalten, Bd. 9 (1928) S. 29.

hub sich ändert, der mit 90 mm der Zahnhöhe an den Kettenrädern entspricht. Zu diesem Zweck sind die Spannrollenachsen in einem Schlitz b des Laufrollenkastens geführt. Die als Kulissensteine ausgebildeten Lager *a* der Spannrollenachsen tragen Schrauben *c*, deren freies Ende durch eine Flacheisengabel *d* hindurchgeht, an deren hinterem Ende die Feder *e* sitzt. Werden die Muttern der Steinschrauben angezogen, so werden die Spannrollen nach vorn bewegt, ohne daß die Feder, abgesehen von einer Vorspannung durch den Kettenzug, belastet wird.

Die Raupenketten selbst bestehen aus je 26 Gliedern mit 200 mm Teilung, Abb. 9 bis 18. Die Bodenplatte *f* (s. Abb. 7) sitzt auf den zweiteiligen Kettengliedern *a* bis *e* aus Preßstahl. Sie sind durch gehärtete Stahlbolzen *g* miteinander verbunden. Die Bolzen werden in dem einen Kettenglied durch einen Vierkantkopf gegen Verdrehen gesichert und sind in einer gehärteten Buchse geführt, die ebenfalls mit Vierkantkopf in dem anderen Kettenglied fest eingepreßt ist. Über die Buchse ist eine Rolle *h* geschoben, die von den Zähnen des Antriebrades erfaßt wird. Zur Erhöhung der Zugkraft können die Raupenketten mit Greifern aus Winkeleisen besetzt werden.

Das Gewicht des Schleppers beträgt etwa 2800 kg. Auf Wunsch wird auch eine Kraft-Anzapfwelle zum Antrieb von Bindemähern und ähnlichen Arbeitsmaschinen eingebaut.

Der Linke-Hofmann-Schlepper ist sowohl von der Gerätestelle der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft als auch von der Maschinenabteilung der Landwirtschaftskammer für die Provinz Brandenburg und für Berlin einer eingehenden Prüfung im praktischen Betrieb unterzogen worden. Die Prüfungen fanden unter den verschiedensten Bodenverhältnissen statt — Sand, Moor, Lehm, ebenes und bergiges Gelände — und haben die Eignung der Bauart erwiesen. Auf Grund von Zugkraft- und Geschwindigkeitsmessungen kann behauptet werden, daß im normalen landwirtschaftlichen Betrieb eine Zughakenleistung von 50 vH der Motorleistung bequem erreicht wird. Unter günstigen Umständen kann die Zughakenleistung noch erheblich gesteigert werden. Die Bauart selbst wurde als einfach und zweckmäßig befunden.

Der Brennstoffverbauch beträgt im landwirtschaftlichen Betrieb bei ebenen langen Schlägen auf leichtem

Abb. 4 bis 6
Schalt- und Ausgleichgetriebe sowie Lenkbremse des LHW-Schleppers.

a Bremsbacken
b Abzugfeder
c Kniehebel
d Träger
e Rolle
f Bremsnocken
g Achstrichter
h Bremshebel
i Ritzel zum Windenantrieb
k Kupplung zum Windenantrieb
l Vorgelegewelle
m Kettenrad zur Winde
n Klemmschelle
o Zahnsegment

Zu Abb. 7
a Bundrollen
b Rollenzapfen
c Rollenlager
d Messingscheiben
e Kettenglied
f Bodenplatte
g gehärteter Stahlbolzen
h gehärtete Buchse

Abb. 7
Schnitt durch Laufrolle und Kette.

a Lager der Radachse, als Kulissenstein ausgebildet
b Schlitzführung des Raupengestells
c Stellschraube
d Flacheisengabel
e Schraubenfeder

Abb. 8
Federnde Spannrollenlagerung der LHW-Raupe.

Abb. 9 bis 18
Einzelteile der Raupenkette.

a, b, c, d, e Kettenglied *f* Kettenbuchse *g* Kettenbolzen *h* Rolle

bis mittlerem Boden etwa 20 l auf 1 ha Saatfurche, der Schmierölverbrauch 1,5 l, die Flächenleistung hierbei etwa 0,5 ha/h. Die reine Pflugleistung beläuft sich nach Abzug von An- und Abmarsch zum Felde, Betriebsaufenthalten u. dergl. auf etwa 0,6 bis 0,7 ha/h bei rd. 18 kg/ha Benzolverbrauch. Die Leistung und der Verbrauch sind naturgemäß je nach Gelände, Bodenart und -zustand, Form der Ackerfläche usw. verschieden. Die bei allen Ackermaschinen nicht zu vermeidende Abnutzung infolge des Arbeitens auf dem Ackerboden hielt sich in mäßigen, wirtschaftlich durchaus erträglichen Grenzen.

Der LHW-Schlepper ist eine Maschine für alle Betriebe, deren Ackerfläche für einen Dampfpflug zu klein ist oder für die die Anschaffungskosten eines Dampfpfluges zu hoch sind. Besonders beachtenswert ist der bisher für eine Maschine dieser Leistung unerreicht niedrige Preis. Außerdem wurde erstmalig der Beweis erbracht, daß auch auf starken Verschleiß verursachenden Böden (Quarzsand) Raupenschlepper bei geeigneter Konstruktion und richtig ausgewähltem Werkstoff und selbstverständlich entsprechender Pflege wirtschaftliche Arbeit leisten können.

Der Stock-Raupenschlepper

Der Raupenstock, Abb. 19 und 20, hergestellt von der Stock-Motorpflug, A.-G., Berlin-Niederschöneweide, weist eine von den bisher bekannten Raupenschleppern g r u n d s ä t z l i c h v e r s c h i e d e n e B a u a r t auf. In Anlehnung an den von Robert Stock, dem Gründer des Unternehmens, entwickelten deutschen Tragpflug ist der Vorderradantrieb mit den großen Triebrädern beibehalten worden. Hierdurch wurde eine kurze Baulänge erreicht, die wiederum die bei anderen Bauarten üblichen Tragrollen der Raupenketten als entbehrlich erscheinen ließ. Der Hauptkonstruktionsgedanke ist gewesen, eine einfache, billige Maschine zu schaffen, die einen guten Gesamtwirkungsgrad hat, einen vereinfachten V i e r r a d s c h l e p p e r. Demzufolge ist die Raupe gewissermaßen a l s R i e m e n t r i e b a u f z u f a s s e n, der die Kraft von den Vorder- auf die Hinterräder überträgt und gleichzeitig mit seinem freien Trum einen Teil des Bodendruckes aufnimmt.

Abb. 21
Luftfilter der Stock-Raupe.

a Schleuderfilter
b Drahtgeflechtfilter

a Differentialwellen
b Lenkbremse
c, d Ritzel und Zahnkranz zum Vorderachsantrieb
e Vorderachse

Abb. 22. Schnitt durch die Vorderachse der Stock-Raupe.

RZ 1775 Z 19

1250

2480

1400

RZ 1775 Z 20

Abb. 19 und **20**
Raupenschlepper der Stock-Motorpflug A.-G., Berlin.

a Differentialwellen *b* Lenkbremse *c, d* Kapselgehäuse für Ritzel und Zahnkranz zum Vorderradantrieb *e* Mitnehmerzähne *f* Abweiser *g* Bremshebel *h* Schalthebel

Der Zweizylindermotor mit 120 mm Zyl.-Dmr. und 0 mm Hub leistet mit Benzolbetrieb etwa 28 PS bei 00 U/min. Aus baulichen Gründen sitzt das Schwung- d zwischen Motor und Kühler und der Lüfter vor dem Kühler. Bemerkenswert ist das Luftfilter des Motors, dessen erster Teil als Zentrifugalfilter *a* ausgebildet ist, während der zweite Teil aus in Öl getauchtem Drahtgeflecht *b* besteht, Abb. 21. Das Schaltgetriebe enthält drei

Abb. 23
Die pendelnd aufgehängte Hinterachse der Stock-Raupe.

Vorwärts- und einen Rückwärtsgang für theoretisch 3,5, 5,2, 9,5 und 3 km/h Fahrgeschwindigkeit. Die Riemenscheibe ist in Verlängerung des Getriebekastens unter dem abnehmbaren Führersitz angebracht. Auch der Anbau einer Zapfwelle ist beim Getriebe vorgesehen.

Auf den Differentialwellen *a*, Abb. 22, sitzen außerhalb des Gehäuses die als Bandbremsen ausgebildeten Lenkbremsen *b* und Ritzel *c*, die über Zahnkränze *d* die Vorderräder antreiben, s. auch Abb. 19 und 20. Entsprechend dem Konstruktionsgedanken werden die Raupen lediglich durch Reibung von dem Antriebrad mitgenommen; deswegen und wegen des kleineren Knickwinkels ist sowohl für das Antriebrad als auch für das Hinterrad ein großer Durchmesser gewählt worden. Die an den Vorderrädern angebrachten federnden Mitnehmerzähne treten nur dann in Tätigkeit, wenn sie an einer Zahnlücke ankommen und vor allem, wenn die Kette auf dem Antriebrade gleiten will; sie springen dann sofort in die nächste Lücke und nehmen die Kette mit.

Zum Fernhalten von Schmutz, Sand und Steinen ist vor den Hinterrädern ein Abweiser angebracht, der sich gelenkig um die Radnabe dreht. Um sich etwaigen Bodenunebenheiten anzuschmiegen und etwa vom Laufwerk erfaßten Steinen ausweichen zu können, ist die Hinterachse pendelnd aufgehängt, Abb. 23, und durch eine starke Feder gespannt. Die 39 Kettenglieder *a*, Abb. 24 und 25, bestehen aus Stahlguß. Sie sind durch Kettenbolzen *b* miteinander verbunden, die beiderseitig in geschlossenen Stahlblechkapseln *c* drehbar gelagert sind und in der Mitte eine Abplattung tragen zur Aufnahme eines rechteckigen Stahlplättchens *d*, um den Bolzen in dem nächsten Kettenglied gegen Drehung zu sichern. Die Stahlbuchsen werden beim Zusammenbau mit Staufferfett gefüllt. Die an die Kettenglieder angeschraubten Zähne *e* sind aus vergütetem Stahl hergestellt, da sie oft sehr große seitliche Kräfte aufzunehmen haben. Die Teilung der Kette beträgt 137 mm. Winkeleisengreifer werden erforderlichenfalls zur Vermeidung des Schlupfes an die Raupenketten angeschraubt. Auf wenig tragfähigem Boden (Moor) lassen sich hölzerne Kettenverbreiterungen anbringen. Die Spurweite der Maschine von Mitte bis Mitte Kette beträgt 1400 mm, die Bodenfreiheit 380 mm; sie wiegt betriebfertig rd. 2200 kg. Die Anschaffungskosten auch dieses Schleppers sind im Verhältnis zur Leistung nicht hoch.

Die Maschine hat sich im landwirtschaftlichen Betrieb gut eingeführt und bei den Prüfungen der oben erwähnten landwirtschaftlichen Organisationen ebenfalls gut abgeschnitten. Motor und Getriebe haben sich gut bewährt und die Abnutzung scheint auch an den am meisten dem Verschleiß ausgesetzten Stellen, an den Raupenketten, recht gering zu sein. Zugkraftmessungen haben ergeben, daß auch mit dieser Maschine eine Zughakenleistung von 50 vH der Motorleistung leicht erreichbar ist. Betriebsaufzeichnungen ergaben auf leichtem Boden einen Brennstoffverbrauch von etwa 20 l Monopolin und 1,5 l Öl auf 1 ha Saatfurche; die Flächenleistung betrug etwa 0,3 ha/h im landwirtschaftlichen Betrieb, die reine Pflugleistung 0,4 ha/h. Besonders hervorgehoben werden muß die einfache Bauart und die bequeme Bedienungsmöglichkeit des Schleppers. Die Stock-Raupe scheint demnach überall da am Platze zu sein, wo ein Arbeiten mit Kraftschleppern in der Landwirtschaft überhaupt in Frage kommt, da ihr Verschleiß auch auf sandigen Böden gering ist. Dem Radschlepper gegenüber dürfte der Hauptvorteil darin liegen, daß sie wie alle Raupenschlepper auch auf wenig tragfähigen Böden (Flugsand, Moor) arbeitsfähig ist, wo sich der Radschlepper einwühlt. Auch der verhältnismäßig geringe Preis der Stock-Raupe, der ihre Wirtschaftlichkeit gewährleistet, wird ihre Verbreitung in der Landwirtschaft erleichtern.

Abb. 24 und 25
Kette zur Stock-Raupe.
a Kettenglied *b* Kettenbolzen *c* Stahlblechkapsel *d* Stahlplättchen als Sicherung gegen Verdrehen *e* Kettenzähne

Beide Maschinen, Linke-Hofmann-Schlepper und Raupenstock, zeigen, daß die deutsche Kraftpflugindustrie sehr wohl in der Lage ist, die deutsche Landwirtschaft mit brauchbaren deutschen Maschinen zu versehen, was um so erfreulicher ist, als eine Überschwemmung des deutschen Marktes mit ausländischen Kraftpflügen bereits bedrohlich eingesetzt hat. Es werden auch in Zukunft die größten Anstrengungen der deutschen Kraftpflugindustrie erforderlich sein, um wettbewerbfähig zu bleiben.

Was hier von den beiden Raupenschleppern berichtet wurde, gilt in ähnlicher Weise auch von den Radschleppern; das bewies uns vor einiger Zeit die Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Leipzig. Der Weg zum wettbewerbfähigen deutschen Kraftpflug ist von der Industrie beschritten, so daß die Aussichten für diesen verhältnismäßig jungen Industriezweig günstig sind, da in absehbarer Zeit eine starke Mechanisierung der Ackerarbeit einsetzen wird.

[B 1775]

Berichtigung

Neuere Forschungen über mechanische Schwingungen

In dem Aufsatz von Prof. Hort, Berlin, Z. Bd. 72 (1928) Heft 32 S. 1119 rechte Spalte 4. bis 6. Zeile von unten muß es überall statt Hertz heißen Schwingungen in der Minute. [N 2045]

Betriebseinrichtungen und Bau der Fürstenberger Schleuse

Von Regierungsbaurat E. Möller, Duisburg-Meiderich

In Ergänzung des in Nr. 38 S. 1313 dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatzes über das Bauwerk werden hier behandelt die Steueranlagen für Tore und Verschlüsse und die Einrichtungen zum Festmachen der Schiffe und zum Treideln. — Gründung des Bauwerks und Bauvorgang. — Stand der Arbeiten, die die Aufnahme des Betriebes zum Herbst dieses Jahres erwarten lassen.

Zentralsteueranlage

Als Antrieb für Tore und Schützen hat man Gleichstrommotoren gewählt, um zu erreichen, daß die Bewegungsgeschwindigkeiten der Verschlüsse in weiten Grenzen geregelt werden können. Die Regelung geschieht durch Leonardschaltung. Ausschlaggebend hierfür war, daß es wünschenswert ist, bei allen Verschlüssen die Anfangsgeschwindigkeit niedrig zu halten und dann die Öffnungsgeschwindigkeit ständig zu steigern. Zur Regelung dieser Geschwindigkeit dienen besondere von Elektromotoren angetriebene Regler, die die einzelnen Verschlüsse nach einer bestimmten Kurve steuern. Die endgültige Form dieser Kurve soll erst auf Grund von Betriebserfahrungen festgelegt werden.

Die Bedienung aller Verschlüsse findet von einer Zentralsteueranlage aus statt, die in einem Raume im Mittelbau der Unterhauptaufbauten untergebracht ist. Um dem Manne am Schaltpult jederzeit eine Übersicht zu gewähren, in welcher Stellung sich die einzelnen Verschlüsse befinden und wie hoch das Wasser in den Schleusenkammern und den Vorhäfen steht, werden auf dem Schaltpult Schaubilder angeordnet, die die Bewegung der Verschlüsse und der Wasserstände erkennen lassen. Die Schaubilder werden mittels elektrischer Fernschaltung gesteuert. Die Stellung der Verschlüsse ist außerdem an mechanischen Anzeigevorrichtungen mit großen Skalen von der Schleusenplattform aus sichtbar.

Die Bedienung des Schaltpultes im Schaltraum geschieht nur auf besondere Anordnung des das Schleusen leitenden Beamten, der sich während des Betriebes auf der Kommandoplattform aufhält. Hier befindet sich ein überdeckter Gang, der von einer Schleusenkammer zur andern reicht und über beide Kammern noch 1,25 m ausgekragt ist. Der Schleusenbeamte kann also nicht nur die ganze Schleusenplattform und den oberen Vorhafen, sondern auch die Kammern beim Schleusen beobachten, ohne die Befehlsbrücke zu verlassen. In dem gedeckten Gang befindet sich für jede Kammer ein Befehlstelegraph. Ferner wurden hier ähnlich wie im Steuerraum Schaubilder der Verschlüsse und Wasserstände angebracht, die wie die Schaubilder im Steuerraum betätigt werden.

Jedes Kommando wird durch ein Glockenzeichen im Schaltraum angekündigt, gleichzeitig wird es dort für jede Kammer im Empfangstelegraph sichtbar. Eine Rückmeldung sorgt dafür, daß der Schleusenbeamte erkennen kann, ob der Befehl richtig verstanden und ausgeführt worden ist. Weiterhin ist eine Verständigung zwischen Befehlstand und Schaltraum durch Sprachrohr und Fernsprecher vorgesehen, der auch die Maschinenräume am Oberhaupt und Unterhaupt, die Dienst- und Aufenthalträume usw. untereinander und mit dem Befehlstand verbindet. Im Falle einer besonderen Gefahr ist es möglich, den leitenden Beamten und die Bedienung im Steuerraum von der Plattform aus, wo sich an verschiedenen Stellen Gefahrknöpfe befinden, durch Glockenzeichen aufmerksam zu machen, auch werden auf der Plattform örtliche durch Glasscheiben gesicherte Schalter angebracht, die es im Notfall ermöglichen, in die Bewegungsvorgänge der Verschlüsse einzugreifen.

Die Lieferung und der Einbau aller Teile der elektrischen Einrichtung einschließlich der Motoren ist Siemens-Schuckert und Siemens & Halske, Berlin, übertragen worden. Die Schleusentore und die Verschlüsse für die Füllungs- und Entleerungskanäle liefert Fried. Krupp-Grusonwerk, A.-G., Magdeburg, die die Eisenkonstruktion der Tortafeln an Aug. Klönne, Dortmund, weiter vergeben hat. Von den Verbindungsschiebern für den Wasserausgleich der Schleusen sind zwei bei den Ardeltwerken G. m. b. H., Eberswalde, und einer bei der Freund-Starke-Hoffmann-Maschinen-A.-G., Hirschberg i. Schles., bestellt, der vierte ist noch nicht in Auftrag gegeben.

Betriebseinrichtungen

Mit Rücksicht auf den zu erwartenden starken Verkehr ist auf die Ausstattung der Schleusen für den Betrieb besonderer Wert gelegt, dabei wurde den Schiffahrtkreisen und Sachverständigen weitgehend Gelegenheit gegeben, mitzuwirken und ihre Erfahrungen nutzbar zu machen. Wegen der großen Tiefe der Schleuse wurde zur Sicherung der Bedienungsmannschaften und der auf der Schleuse verkehrenden Schiffer in ganzer Länge der Schleusenkammer eine rd. 80 cm hohe Brüstungsmauer vorgesehen, die aus Eisenbeton hergestellt wird.

Zum Festmachen der Trossen beim Einfahren und Abstoppen der Schiffe dienen Poller, die auf der Plattform, und zwar in Aussparungen der Brüstungsmauer an der vorderen Mauerkante liegen, so daß sie vom Schiff aus gut erreichbar sind. Insgesamt sind auf jeder Kammerseite 10 Poller, für jede Schleuse also 20 Poller vorhanden. Unter jedem Poller liegt an der Kammerwand eine Reihe von kräftig ausgebildeten im Beton verankerten Haltekreuzen, die in üblicher Weise zum Festmachen der Schiffe beim Schleusen dienen. Der senkrechte Abstand der Haltekreuze beträgt, um das Umlegen der Trossen bei dem vorhandenen starken Gefälle der Schleusen zu erleichtern, nur 1,50 m.

Trotzdem ist das Umlegen der Trossen bei Schleusen mit so großem Gefälle und starkem Wasserzulauf und den dadurch bedingten Strömungen in der Kammer schwierig und mit Gefahr verbunden. Aus diesem Grunde sind neben den festen noch auf jeder Schleusenseite 4 schwimmende Haltekreuze vorgesehen, die beim Schleusen mit dem Wasserspiegel und dem Schiff heraufsteigen und her-

Abb. 1 Vorderansicht Abb. 2 Rückansicht

Abb. 1 und 2
Schwimmendes Haltekreuz.

a Schwimmkörper
b gelenkige Verbindung
c Haltekreuz
d Rollen
e Federung für das Haltekreuz

Abb. 3
Unterhaupt, Mittelleitwerk, Dalben aus Spundwandeisen.

untersinken, so daß ein Umlegen der Trossen nicht erforderlich ist. Die Vorrichtung besteht aus einem Schwimmkörper, über dem das Haltekreuz gelenkig befestigt ist, Abb. 1 und 2; das Ganze bewegt sich in einer Nische der an dieser Stelle verstärkten Seitenmauer auf und ab, wobei der Schiffszug durch Rollen auf Schienen übertragen wird, die im Beton fest verankert sind.

Versuche mit einer derartigen beweglichen Festmachevorrichtung an einer der alten Fürstenberger Schleusen haben gute Ergebnisse gezeigt, es ist daher zu erwarten, daß dieses neuartige schwimmende Haltekreuz, für dessen Einführung sich die Schiffahrtkreise sehr eingesetzt haben, für den Betrieb in den Schachtschleusen von großem Vorteil sein wird.

Zum Verkehr zwischen den Fahrzeugen und der Schleusenplattform sowie bei leergepumpten Schleusen dienen Steigeleitern, von denen auf jeder Kammerseite sieben Stück angebracht sind. Ferner sind an den Kammerwänden noch senkrechte Scheuerleisten aus hochwertigem Gußeisen in einem Abstand von 10 bis 15 m vorhanden, die den Schiffen beim Herauf- und Herabschleusen eine glatte Führung geben. Insbesondere sollen sie verhindern, daß der Beton der Kammerwände, unter dessen Vorderfläche in geringer Entfernung die Bewehrung liegt, beim Schleusen und beim Herein- und Herausziehen der Schiffe allmählich abgescheuert wird. Zum Schutze des Betons sind auch alle wagerechten und senkrechten Kanten und Ecken des Bauwerks durch Leisten aus hochwertigem Gußeisen geschützt. Für den Kantenschutz sowie für die Scheuerleisten war ursprünglich Stahlguß vorgesehen. Das für die Ausführung gewählte hochwertige Gußeisen der Ardeltwerke erfüllt jedoch in gleicher Weise den Zweck, konnte sehr schnell geliefert werden und brachte eine wesentliche Verbilligung.

Zum Erleichtern der Ein- und Ausfahrt, zum Anlegen und Festmachen der Schiffe beim Warten auf das Schleusen, sowie zum Vermitteln des Übergangs von der Nutzbreite der Zwillings-Schachtschleuse zu den breiteren Vorhäfen dienen im Ober- und Unterwasser auf beiden Außenseiten Leitwerke aus eisernen Spundwänden. Die Ablenkung der Leitwände gegen die Schleusenachse beträgt etwa 1 : 8, dabei kann der aus der Schleuse fahrende Kahn in gerader Richtung ausfahren, ohne durch den am Leitwerk liegenden wartenden Kahn behindert zu werden. Neben den Außenleitwerken dienen zur Erleichterung des Verkehrs kurze, zwischen den beiden Kammern liegende Mittelleitwerke, von denen das im Oberwasser liegende ebenfalls aus eisernen Spundwänden besteht.

Im Unterwasser durfte das Mittelleitwerk den Wasserauslauf nicht behindern, sollte dagegen zur Verteilung des ausströmenden Schleusungswassers beitragen. Hier besteht daher das Leitwerk aus Dalben, Abb. 3, die in neuartiger Weise aus eisernen Spundbohlen zusammengesetzt und mit Reibehölzern versehen sind, hölzerne Dalben kamen nicht in Frage, da mit Rücksicht auf die mit 1 m dicken Betonblöcken abgepflasterte Sohle eine Erneuerung der verhältnismäßig schnell abgenutzten Dalbenpfähle nicht möglich wäre. Die Einfahrt und Ausfahrt der Schiffe beim Schleusen wird durch Signale geregelt. Diese sind weithin sichtbar, so daß der Schiffer rechtzeitig weiß, welche Schleuse für die Einfahrt frei wird.

Seiltreidelanlage

Um das Ein- und Ausfahren der Fahrzeuge in kürzester Zeit zu ermöglichen und damit die Leistungsfähigkeit der Schleusenanlage zu erhöhen, wird eine neuartige Seiltreidelanlage ausgeführt, Abb. 4 und 5. Diese besteht für das Oberwasser und Unterwasser aus je einem in sich geschlossenen Seilzug, der an beiden Enden über Rollen geführt ist. Der Oberwasserseilzug reicht vom Unterhaupt, wo die eine Rolle befestigt ist, über die ganze Kammerlänge bis etwa 100 m weit über den oberen Vorhafen. Hier hängt die zweite Führungsrolle an einem Seiltragwerk, das mittels hoher eiserner Masten quer über den Vorhafen gespannt wird. In gleicher Weise ist der Unterwasserseilzug ausgebildet, doch reicht er nur vom Unterhaupt bis etwa 100 m in den unteren Vorhafen. Die Seile werden mittels Seiltrommeln, die am Unterhaupt untergebracht sind, angetrieben, und das Treidelseil bewegt sich dabei hin und her.

Abb. 4 und 5
Seiltreidelanlage.

Abb. 6. Aushub der Schleusenbaugrube unter gleichzeitiger Absenkung des Grundwassers. Erste Brunnenstaffel zurückgebaut, zweite und dritte Staffel im Betriebe, vierte Staffel beim Vorbau.

Am Treidelseil, das mindestens 5 m über Wasser hängt, ist eine Schlepptrosse befestigt, die frei herunterhängt und woran sich die Fahrzeuge festmachen. Das Fahrzeug wird z. B. vom Oberwasser in die Schleuse hereingezogen, herabgeschleust und von der unteren Seiltreidelanlage herausbefördert. Die letztere bringt dann gleich wieder ein am Leitwerk wartendes Schiff in die Schleuse, das Schiff wird heraufgeschleust, macht sich an der Schlepptrosse der Oberwasser-Seiltreidelanlage fest und wird herausgeholt. Der gleiche Vorgang spielt sich in der Nebenschleuse ab, ein unnötiges Leerfahren der Treidelanlage ist nicht erforderlich. Die Anlage bietet, im Gegensatz zu Schleppwagen, Spills oder dergl. den Vorteil, daß die Plattform und die Leitwerke der Vorhäfen vom Schleppseil vollkommen frei bleiben, ferner ist zu erwarten, daß die Betriebskosten niedriger werden als für die bisher üblichen Schleppeinrichtungen. Adolf Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis, liefert die Seiltreidelanlage.

Da die Schleusen bei starkem Verkehr bis zu 16 h im Betriebe sein müssen, ist eine gute Beleuchtungsanlage erforderlich. Vorgesehen ist eine Reihe von Lampen über der Mitte der Schleusen, dabei ist auf gute Beleuchtung der überbauten Einfahrt am Unterhaupt besonderer Wert gelegt. Auch die seitlichen Leitwerke sowie die Spitze der Mittelleitwerke werden beleuchtet.

Gründung und Bauvorgang

Der Baugrund an der Baustelle der Zwillings-Schachtschleuse und dem anschließenden Gelände besteht, abgesehen von einzelnen kleineren Kies- und Tonadern, durchweg aus tonigem Feinsand, der unterhalb des Grundwasserspiegels zum Schwemmsand wird. In einer Tiefe von rd. 20 m unter Geländeoberfläche wurde jedoch eine feste Tonschicht von 4 bis 5 m Dicke angetroffen, die als brauchbarer Baugrund angesprochen werden konnte. Für den Bodenaushub von insgesamt 550 000 m³ verwendete man bei den oberen Schichten über dem Grundwasser Löffelbagger, bei den tieferen Lagen einen Lübecker Eimerbagger. Fortschreitend mit den Erdarbeiten mußte das Grundwasser um rd. 15 m abgesenkt werden.

Hierzu diente eine Grundwasser-Senkanlage, bestehend aus vier übereinander liegenden Pumpstaffeln mit insgesamt rd. 300 Rohrbrunnen, Abb. 6. Die beiden untersten Staffeln der Senkanlage, die die ganze Baugrube ringartig umschlossen, dienten gleichzeitig zur Druckverminderung eines zweiten artesisch gespannten Grundwassers, unterhalb der Tonschicht. Hierdurch wurde ein Aufbrechen der Tonschicht nach Aushub der Baugrube verhindert.

Das Bauwerk ist auf der Tonschicht gegründet und rings herum von einer eisernen Spundwand umschlossen worden. Am Oberhaupt sind ferner nach beiden Seiten hin Flügelspundwände vorgesehen.

Da das Schleusenbauwerk einschließlich der Vorhäfen mehr als 130 000 m³ Beton und rd. 6000 t Eisen umfaßt, war der Bedarf an Baustoffen sehr groß. Ihre Anfuhr geschah größtenteils auf dem Wasserwege. Dies war möglich, da der Umgehungskanal vor Beginn der Arbeiten bis an die Baustelle heran mit Wasser gefüllt war. Der so entstandene Hafen wurde in großzügiger Weise mit Kranen, Becherwerken, Lagerschuppen und Lagerplätzen ausgerüstet und stand mittels Seilbahn und Gleisanlagen mit der Betonfabrik in Verbindung. Die Betonfabrik, deren einzelne Teile durch Hängebahnen verbunden waren, bestand aus der Speicheranlage zum Lagern von Zement und Traß, der Vormischanlage zum trockenen Vormischen von Zement und Traß, den Bunkern zum Lagern von Kies und Schotter und der Hauptmischanlage zum Bereiten des Betons.

Von hier aus wurde der mit möglichst wenig Wasser angemachte breiige Beton in Kippwagen zur Baustelle befördert, wo er von 20 m hohen, an beiden Längsseiten der Baugrube angeordneten Gerüsten durch Rinnen in die einzelnen Baublöcke gegossen wurde, Abb. 7. Auf den Hochgerüsten liefen noch zwei kleine Gießtürme, die zur Herstellung der höher gelegenen, geringere Massen enthaltenden Mauerteile dienten, Abb. 8. Die Erdarbeiten und auch die Betonarbeiten waren der Firma Habermann & Guckes-Liebold A.-G., Berlin, übertragen. Die

Abb. 7
Betonieren der Schleusensohlenblöcke, im Hintergrund Hochgerüst mit Betontrichtern und Gießrinnen.

Grundwasser-Senkanlage gehörte der Reichswasserstraßen-Verwaltung und arbeitete während der Bauarbeiten im Eigenbetrieb der Bauleitung.

Stand der Arbeiten

Die Arbeiten zur Herstellung des zweiten Schleusenabstiegs bei Fürstenberg a. d. Oder wurden bereits unmittelbar nach Beendigung des Krieges in Angriff genommen. Zunächst wurde der Umgehungskanal mit den zugehörigen kleineren Bauten fertiggestellt. Anschließend folgte der Aushub der Baugrube für die Zwillings-Schachtschleuse, während im Oktober 1925 mit den Betonarbeiten begonnen wurde. Diese Arbeiten wurden so gefördert, daß die Schleusen bereits im Frühjahr 1927 im Rohbau fertig waren, Abb. 9. Die Herstellung der Aufbauten, der Einbau der Tore, Schützen, maschinellen und elektrischen Anlagen, sowie die Fertigstellung der an die Schleuse anschließenden Teile der Vorhäfen wird bis zum Herbst 1928 beendet sein. Bis dahin wird auch die neue Mündung des Kanals in die Oder dem Verkehr freigegeben werden können.

Abb. 8 Betonieren der Schleusenkammermauern, beiderseits Hochgerüste mit beweglichen Gießtürmen.

Abb. 9. Schleuse im Rohbau.

Im Zusammenhang mit den Arbeiten in Fürstenberg stehen die Arbeiten zum Ausbau des Oder-Spree-Kanals von Wernsdorf bis Fürstenberg. Auf dieser Strecke werden insbesondere an der kanalisierten Spree Begradigungen, Verbreiterungen und Durchstiche ausgeführt, ferner wird je eine Schleuse der vorhandenen Staustufen auf eine nutzbare Länge von 67,50 m gebracht. Diese Arbeiten sollen so gefördert werden, daß vom Jahre 1929 ab der ganze Oder-Spree-Kanal für Schiffe bis zu 750 t Tragfähigkeit befahrbar sein wird. [B 1310]

Amerikanische Beobachtungen in englischen Werkstätten

Über Eindrücke aus einigen der besten englischen Maschinenfabriken, gesehen mit den Augen eines Amerikaners, berichtet der Herausgeber der Zeitschrift „American Machinist“: Als Werkstätten werden eingeschossige Bauten bevorzugt mit Dächern, nämlich den Sägedächern, aber mit beiderseits gleichen Dachneigungswinkeln von rd. 30° gegen die Wagerechte. Nur die nördlichen Dachflächen sind verglast; gegen unmittelbare Sonneneinstrahlung werden die Glasflächen angestrichen. Im Gegensatz zu der guten Tagesbeleuchtung der Werkstätten ist die künstliche Beleuchtung wenig fortschrittlich.

Man findet nur wenig Einzelantrieb der Werkzeugmaschinen, woran die uneinheitlichen Spannungen, Stromarten und Periodenzahlen Schuld haben sollen. Es gibt infolgedessen noch sehr viel Riemenantriebe, z. T. gut durchgebildete Gruppenantriebe; in einem Fall waren die Hängelager mit Wälzlagern ausgerüstet. Die Werkzeugmaschinen haben vielfach Einscheibenantrieb.

Sondermaschinen findet man viel weniger als in Amerika, da meist nur kleinere Reihen herzustellen sind; Sonderfabriken bauen z. T. ihre Sondermaschinen selbst. Das Schleifen wird weniger angewendet als in Amerika; mehrspindelige Bohrmaschinen und Automaten gibt es wenig. Hydraulischer Vorschub bei Bohr- und andern Werkzeugmaschinen wird von den englischen Erbauern von Werkzeugmaschinen kaum angewendet, und da die Verbraucher meist „englisch kaufen“, findet man auch in den Werkstätten nur selten Maschinen mit hydraulischem Vorschub.

Über diese Bevorzugung englischer Erzeugnisse äußert sich der Verfasser, daß sie nur dann von nationalem Wert ist, wenn das Gekaufte auch gut ist; sonst hindert sie vielmehr den Fortschritt. Nach seiner Meinung ist in England die Erziehung zu wirtschaftlichem Denken sehr nötig.

Aus den Schmieden hebt der Bericht die vorwiegende Verwendung von Gas zur Warmbehandlung hervor, da Elektrizität zu teuer ist. An den Pressen findet man Schutzvorrichtungen, dagegen laufen die vielen Riemen viel ungeschützter, als man es in Amerika zulassen würde. Das Förderwesen in den Fabriken scheint nicht sehr fortschrittlich zu sein.

Aufgefallen ist dem amerikanischen Berichterstatter, daß mehr Frauen, auch an schweren Revolverbänken, in den englischen Fabriken arbeiten als in amerikanischen Fabriken gleicher Art und vor allem, daß Kinder vom 14. Jahre an in Fabriken arbeiten. („American Machinist“ Bd. 69 (1928) Nr. 4 S. 151) [N 2006] Pa.

RUNDSCHAU

Staubtechnik

Aufgaben der Stauberzeugung und Staubverhütung

Bis vor ganz kurzer Zeit hatte der Laie immer, der technisch Gebildete zumeist, beim Auftauchen des Wortes „Staub" das Gefühl des Unerwünschten, Schädlichen, zumindest Unbequemen. Diese Einstellung rührt wohl daher, daß das, was herkömmlich (seit Jahrtausenden wohl) Staub genannt wird, tatsächlich fast immer als etwas Unerwünschtes bei der Durchführung irgendwelcher Bewegungs- oder Arbeitsvorgänge auftauchte. Das mußte um so häufiger geschehen, je größer die Kräfte oder die verbrauchten Energien der Arbeitsvorgänge wurden. Tatsächlich ist es denn auch so gewesen, daß jede Steigerung der Arbeitsleistungen und der Bewegungsgeschwindigkeiten eine Steigerung der empfundenen Staubbelästigung und damit eine Verstärkung des Rufes nach Beseitigung dieser Belästigungen auslöste. Das gilt für das Fahrzeug auf der Straße oder dem Landweg ebenso wie für die Schleif- und Poliermaschine oder die Zerkleinerungsmaschinen in der Müllerei und anderen Industrien u. a. m. Jeder Fortschritt der Technik auf irgendeinem derartigen Gebiete brachte auch eine Steigerung der Belästigungen und Unbequemlichkeiten, und schon bald nahm sich die Gesundheitsfürsorge des Staates derjenigen an, die bei stauberregenden Arbeitsvorgängen zunächst der Schädigung oder Belästigung ausgesetzt waren, d. h. der Arbeiter bei derartigen Arbeitsvorgängen und der Nachbarn stauberzeugender Betriebe.

Der Paragraph 120 der Reichsgewerbeordnung und sondergesetzliche Bestimmungen legen dafür Zeugnis ab. Sie bieten den staatlichen Organen der Gesundheitsfürsorge, insbesondere der Gewerbeaufsicht, die Grundlage für die Forderung zweckentsprechender Einrichtungen zur Beseitigung oder Verhinderung der Schädigungen oder Belästigungen, deren Schaffung allerdings in den meisten Fällen leichter gefordert als durchgeführt ist. Schon hier zeigt sich, daß bei der Einrichtung von Arbeitsvorgängen die Frage der Entstehung von Staub und damit die Verhinderung dieser Entstehung und die Beseitigung entstandenen Staubes vorweg untersucht werden sollte. Das ist auf sehr wenigen Gebieten bisher geschehen, in den meisten Fällen eine überwiegend technische Frage und damit eine solche technisch-wissenschaftlicher Forschung.

Besonders wichtig ist die Schaffung von Einrichtungen zum Einfangen von Staub natürlich bei solchen Arbeitsvorgängen, bei denen der Staub — gewollt oder ungewollt — ein Teil des Fertigerzeugnisses ist und infolgedessen einen materiellen Verlust bedeutet, wollte man ihn nicht einfangen, z. B. in der Mehlmüllerei, der Zement- und Kalkmüllerei usw., bei den Düngestoffen, Salzen und in neuerer Zeit auch bei den Brennstoffen. Man erkennt leicht, weshalb in den Industriezweigen, die derartige Arbeitsvorgänge benutzen, die Bestrebungen zum Einfangen und damit meistens auch zum Unschädlichmachen des Staubes am weitesten gediehen sind. Überall, wo ein materieller Gewinn, also eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit winkt, ist es für die Forschung und in ihrem Gefolge die Technik verhältnismäßig leicht, an Aufgaben der Staubtechnik heranzukommen, weil die aufgewandten Mittel vielfach sehr bald wieder hereinkommen. Es gibt aber auch in derartigen Arbeitsgebieten noch eine große Menge von Fragen, die der Klärung bedürfen.

In diesem Zusammenhange muß noch darauf hingewiesen werden, daß nicht nur die Schädigung der menschlichen Gesundheit, sondern auch die andrer Lebewesen, Pflanzen und Tiere, und schließlich die Schädigung von Maschinen und Einrichtungen beachtet werden müssen, insbesondere, wenn es sich um Staube mit ausgesprochen chemischen oder schleifmittelähnlichen Eigenschaften handelt. Leider ist auf diesem Gebiet, in das unter anderm auch der Straßenstaub in jeder Form hineingehört, noch recht wenig geschehen.

Die bisherigen Ausführungen lassen erkennen, daß fast alle Staubfragen im wesentlichen im Gebiete der Technik und dem der Tier- und Pflanzenphysiologie liegen müssen. Ihre Bearbeitung muß daher vorwiegend durch gemeinschaftliche Arbeit des Ingenieurs[1]), des Physikers, des Meteorologen, des Tier- und Pflanzenphysiologen und des ausgesprochenen Arztes erfolgen. Aus diesem Grunde, und auch weil diese Fragen für die Technik entscheidende Bedeutung haben, ist beim Verein deutscher Ingenieure ein

Fachausschuß für Staubtechnik

eingerichtet worden, der diese Zusammenarbeit herbeiführen soll und dessen Name aus dem Grunde gewählt ist, weil sich in der Tat eine neue Technik zum Teil schon gebildet hat, zum Teil noch in der Bildung begriffen ist, und weil ein ganz großer Teil der schon erkannten und der noch neu auftauchenden Aufgaben nur auf dem Wege über die Technik, mindestens aber nur mit ihrer Hilfe, geleistet werden kann.

Das bisher Ausgeführte ergibt, daß bei der Behandlung von Staubfragen zunächst vier große Aufgaben hervortreten, nämlich

die Betrachtung der Eigenschaften der verschiedenen Staubarten in physikalischer, chemischer und physiologischer Hinsicht;
die Erforschung der ungewollten Entstehung und der beabsichtigten Herstellung von Staub;
die Verhinderung der ungewollten Entstehung von Staub,
das Einfangen und das Unschädlichmachen sowie die Wiedergewinnung von Staub.

Man sollte glauben, daß eine so häufig vorkommende Erscheinungsform der Materie, wie Staub, deren Einwirkungen seit Jahrtausenden die Menschheit dauernd — und noch dazu recht fühlbar — ausgesetzt gewesen ist, zu systematischer Erforschung angeregt hätte. Das ist aber nicht in annähernd dem Maße der Fall gewesen, wie man es erwarten müßte. Im Gegenteil, man muß sagen, daß sich die Forschung noch ganz am Rande des Fragengebietes befindet.

Das ließ sich in der ersten Fachsitzung[2]) des obengenannten Ausschusses aus den erstatteten Berichten erkennen, von denen der von Reg.-Rat Dr. Engel vom Reichsgesundheitsamt, Berlin, auf

die gesundheitlichen Staubwirkungen im Gewebe des menschlichen Körpers

einging.

Trotz umfangreicher Untersuchungen liegen bis heute bezüglich der spezifischen Fremdkörperwirkungen, wenn von rein chemischer Wirkung zunächst abgesehen wird, noch keine sicheren Erkenntnisse vor. Auch spielt die Frage der Teilchengröße und ihre Form eine Rolle, die diejenige der sonstigen Eigenschaften des Staubes häufig übertrifft. Hier liegt also eine Forschungsaufgabe für die physikalische Forschung vor, und zwar auf meßtechnischem Gebiete. Betrachtet man diese Frage etwas genauer, so zeigt sich, daß noch ungefähr alles fehlt. Es gibt noch nicht einmal eine Bestimmung des Begriffes „Staub", sondern nur verschiedene, durch das jeweilige praktische Bedürfnis hervorgerufene Benennungen für feingekörnte Stoffe. Eines aber scheinen alle auf diesem Gebiet ernsthaft Arbeitenden für ein Kennzeichen des Staubes zu halten, nämlich die Erscheinung, daß er im umgebenden Mittel schwebt.

Hieran knüpfen einige Forscher an und kennzeichnen als Staub alle kleinen Teilchen fester oder flüssiger Körper, die in einem aufwärts steigenden Luftstrom usw. bestimmter Geschwindigkeit nicht abwärtssinken. Daß das nur eine ganz grobsinnliche, wissenschaftlich kaum haltbare Definition sein kann, liegt auf der Hand. Auch alle andern, auf den Widerstand des Zwischenmittels aufgebauten Erklärungen müssen unvollkommen sein. Man wird erst zu genauer wissenschaftlicher Untersuchung des physikalischen Verhaltens von fein zerteilten festen oder flüssigen Körpern greifen müssen, um zu einer gesicherten Erkenntnis der Eigenschaften von wahrem Staub zu kommen.

Neuere Untersuchungen, die allerdings durch den Versuch noch nicht voll bestätigt sind, scheinen zu der Auffassung zu berechtigen, daß echter Staub eine den kolloidalen Körpern ähnliche Erscheinungsform der Materie ist. Trifft diese Auffassung zu, so wird manche chemische oder physiologische Wirkung anders erklärbar werden als heute, auch manche physikalische, jedem Staub zukommende Eigenschaft, z. B. die der elektrischen Ladung, die in der Staubtechnik und in der Meteorologie eine noch nicht geklärte Rolle spielt, oder die Brownsche Bewegung, leichter verständlich werden.

Eng mit dieser Frage verbunden ist die der Staubmessung. Bisher sind außer einigen nur selten anwendbaren chemischen Verfahren wesentlich zwei Arten der Messung benutzt worden, die gravimetrische, die

[1]) s. in diesem Zusammenhange das Buch von Dr.-Ing. R. Meldau „Industriestaub". Berlin 1926, VDI-Verlag.

[2]) Am 24. April 1928 in Berlin.

jedoch sehr schnell eine Grenze nach unten findet, und das der Teilchenzählung, die aber noch sehr unvollkommen und daher entwicklungsbedürftig ist. Die feinsten Staubverteilungen enthalten eine feste Phase bis zur Molekulargröße hinunter, und man sieht leicht ein, daß ohne die Erfassung auch dieser feinsten Teilchen eine sichere Festlegung der Eigenschaften von Staub nicht möglich ist, daß insbesondere diejenigen Auszähl- oder Wägeverfahren, die auf einer Siebung beruhen, auf wissenschaftlichen Wert keinen Anspruch erheben können. Damit wird natürlich der jeweilige praktische Wert nicht herabgesetzt.

Beachtenswert ist in diesem Zusammenhange der Einfluß des dispergierenden Mittels. Z. B. wurde in der Klein-Elementenfabrikation beobachtet, daß feinster Kohlenstaub, der durch Spaltung von Azetylen in einer reinen Wasserstoffatmosphäre gewonnen war, sich elektrisch ganz anders verhielt als solcher, der aus Gas- oder Ölflammen durch Abkühlung abgeschieden wurde.

Vielleicht wird man bei der Untersuchung der physikalischen Eigenschaften auch auf Erscheinungen stoßen, die zu Änderungen der Ansichten über die chemische Wirkung der den Staub bildenden oder ihm angegliederten Stoffe führen, bisher noch ungeklärte Fragen aus der Tier- und Pflanzenphysiologie in ein neues Licht setzen und neue Beiträge zur Frage der Anfressung von Bauteilen liefern. Man sieht aus dem wenigen, was hier angedeutet werden kann, daß ein ganz großer Fragenkreis der wissenschaftlichen Durchforschung und der Nutzbarmachung für die Technik wartet.

Die Bedeutung der physikalischen Forschung konnte in dem Bericht von Direktor Dipl.-Ing. Schulte, Essen, in der obenerwähnten Sitzung des Fachausschusses für Staubtechnik besonders klar erkannt werden, der sich mit

Staubgefahren und Staubbelästigungen bei der Kohlenstaubfeuerung

befaßte und auf die Fragen der Selbstentzündung, der Explosionsgefahr und daraus entstehender Brände einging, dann aber die Staubbelästigung durch die bei der Kohlenstaubfeuerung zu einem großen Teile staubförmig anfallenden Asche besonders beleuchtete und die Beseitigung oder Verminderung dieser Belästigung in technischer und wirtschaftlicher Betrachtung behandelte. Er mußte schließlich feststellen, daß noch alles im Fluß sei, daß es also noch recht viel wissenschaftlicher und technischer Arbeit bedürfe, um hier zu dauernden Ergebnissen zu kommen. Besonders beachtenswert sind die Ausführungen über die verschiedenen Arten der Staubabscheidung (Schwerkraft, Fliehkraft, elektrostatische Abscheidung, Niederschlagen durch Wasser, mechanische Filterung).

Die Ergebnisse der bisherigen

Forschungen auf dem Gebiete des Kohlenstaubes,

die im Auftrage des Reichskohlenrates oder auf seine Anregung hin unternommen worden sind, lassen sich in mancher Hinsicht auch für andre Staubarten und deren Erzeugung nutzbar machen. Ein Bericht von Dr.-Ing. Förderreuther, Berlin, konnte manches in dieser Beziehung nur andeuten. Es wird sich aber bald zeigen, daß auch hier die Forschung und ihre Auswertung einsetzt, die insbesondere bestimmte Herstellungsarten betrachten muß.

Bei der Herstellung von Staub, bei der Abnutzung fester Körper, bei gewissen chemischen Vorgängen usw. wird stets eine gewisse Menge von Staub auftreten, die, gleichgültig ob es sich um nutzbar zu machenden oder nur schädlichen Staub handelt, in allen Fällen lästig ist. Das Einfangen solcher Staubmengen ist an vielen Stellen, z. B. in der Müllerei, schon Aufgabe der Erbauer der Stauberzeuger, also der Mahlmaschinenkonstrukteure, geworden, und es sind auch schon recht gute Erfolge zu verbuchen. Im allgemeinen muß man aber sagen, daß sowohl das Einfangen schwebenden Staubes, wie auch sein Abscheiden zur Zeit noch recht unvollkommen sind.

Hierher gehört besonders die Frage der

Staubführung und der Filterung,

also Fragen der Aerodynamik. Man kann fast sagen, daß hier noch finstere Empirie herrscht, die Forschung also noch recht viel zu tun findet, besonders da, wo es sich um Einfangen und Leiten des gasförmigen Dispergens und seine Reinigung handelt. Der Bericht von Gewerberat Dr. Bender, Potsdam, dessen Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt sind, ging in einem Teile seiner Ausführungen auf diese Fragen ein.

Hierher gehören auch die Fragen der Stauberzeugung durch Fahrzeuge auf Straßen, Eisenbahnen usw., über die zwar von jedermann genug geklagt wird, um deren Verhütung man sich aber bisher noch recht wenig gekümmert hat. Erst die zunehmende Beanspruchung der Kraftfahrzeuge und ihrer Teile hat die Aufmerksamkeit ihrer Erbauer und Besitzer und schließlich auch der Straßenbaukunst auf diese Fragen gelenkt.

Zu diesen Hauptaufgaben, die nur kurz skizziert werden können, gesellt sich eine unübersehbare Reihe von wissenschaftlichen und technischen Fragen. Die Notwendigkeit der Bearbeitung und der Lösung durch Gemeinschaftsarbeit leuchtet wohl ohne weiteres ein. Es wird Sache der Wissenschaft, ihrer Forschungs- und Lehrstätten, Sache der Wirtschaft und ihrer Glieder in Handel und Industrie, schließlich Sache des Staates mit Rücksicht auf die Wohlfahrt seiner Angehörigen in gesundheitlicher und wirtschaftlicher Beziehung sein, die Staubfragen nicht wieder zur Ruhe kommen zu lassen und ihre genaue Erforschung und Nutzbarmachung überall zu fördern. Die ersten Schritte sind durch den Fachausschuß für Staubtechnik beim Verein deutscher Ingenieure getan, weitere werden folgen, aber es bedarf der Mitarbeit aller. [N 1818]

Charlottenburg — Dipl.-Ing. R. Barkow, Beratender Ingenieur

Schiffs- und Seewesen

Fortschritte der See- und Binnenschiffahrt

Vorträge in der 7. Jahresversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt

Vom 10. bis 12. September d. J. hielt die Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt unter großer Beteiligung von Mitgliedern und Gästen ihre 7. Jahresversammlung ab. In der ersten Sitzung am 10. September in Köln wies der 1. Vorsitzende, Dr.-Ing. E. h. Franz Ott, Köln, nach Begrüßung der Anwesenden auf die günstige Entwicklung der Mitgliedschaft der Gesellschaft und auf die wichtigen Forschungsarbeiten hin, die im abgelaufenen Jahre durchgeführt wurden. Aus Mitteln der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft ist beabsichtigt, eine Anlage für Kavitationsversuche an Propellern zu errichten.

Hierauf sprach Dr.-Ing. E. Foerster, Hamburg, über

die wirtschaftliche und Verkehrs-Bedeutung der neueren Fortschritte in Bau und Antrieb der See- und Binnenfahrzeuge.

Der Vortrag gab einen durch Zahlen belegten Überblick über den Fortschritt, den die technische Entwicklung im Bau von Schiffskörpern und Schiffsmaschinen der letzten 20 Jahre gebracht hat, wobei auch namentlich die neueren technischen Fortschritte an der Hand von Bildern besprochen wurden. Während die technische Entwicklung des Schiffskörpers infolge verbesserter Erkenntnis von Festigkeitsfragen das notwendige Stahlgewicht der Schiffskörper um rd. 10 vH vermindert hat, liegt das Schwergewicht des Fortschritts der Beförderung auf dem Wasser im Gebiet des Antriebes, sowohl was den Einfluß von Schiffsform und Propeller auf die Antriebkraft, als auch was den Einfluß der Art der Maschinenanlage auf Raum- und Brennstoffbedarf anbelangt[1]). Die größten Ersparnisse haben hier die Vergrößerung der Kessel, die Anwendung der Ölfeuerung und die Einführung von Dampfturbinen und Ölmotoren als Antriebmaschinen gebracht. In diesem Zusammenhang wurden die im Bau befindlichen Anlagen der Wagner-Hochdruckdampf-Turbinen-A.-G., Hamburg, erwähnt, bei denen Wasserrohrkessel von 45 at und Dampfturbinen von 20 000 U/min mit Zahnrädervorgelege zur Verwendung gelangen. Die Bauten werden von der Deutschen Schiff- und Maschinenbau-A.-G., Werk Hamburg, ausgeführt.

Faßt man die Einflüsse aller technischen Fortschritte der letzten 20 Jahre zusammen, so kann man sagen, daß man heute bei gleicher Maschinenleistung und Geschwindigkeit etwa zweimal so viel Nutzlast befördern kann, wie vor etwa 20 Jahren. Eine Untersuchung für ein Frachtschiff von 12 000 t Tragfähigkeit bei 12 Kn Geschwindigkeit und 4000 PS Maschinennutzleistung an der Hand wirklicher Ausführungen ergibt, je nachdem, ob man Dampfstrecken von 6500 oder 3250 Seemeilen zugrunde legt, daß sich die Nutztragfähigkeit gegenüber dem Stande vom Jahre 1908 um 21 bzw. 16,5 vH erhöht hat, wenn man ein Schiff mit Getriebeturbinen, Wasserrohrkesseln und Ölfeuerung zugrunde legt. Die entsprechenden Zahlen für ein Schiff mit einfachwirkendem Viertakt-Dieselmotor betragen 19 bzw. 12 vH und für ein Schiff mit schnellaufenden Dieselmotoren und Getriebe rd. 22 vH bzw. 15,5 vH. Diese Fortschritte kann man auch so ausdrücken, daß man sagt, daß sich die reine Nutzladung solcher Schiffe nach Abzug der Gewichte

[1]) Vergl. a. Frahm, Neuere Probleme des Schiffbaues, Z. Bd. 70 (1926) S. 939 u. 968 sowie Sonderheft „Dieselmaschinen III“ S. 41.

und Räume für die Antriebanlage von rd. 1,4 auf 1,7 bis 1,8 m³, bezogen auf 1 t nutzbare Tragfähigkeit, gesteigert hat.

Auf dem Gebiete des Verkehrs auf Binnenwasserstraßen bildet den wichtigsten Fortschritt des letzten Jahres die Erkenntnis, daß man durch Verbesserung der Form der Schleppkähne bedeutende Ersparnisse an Schleppkraft erreichen kann. Diese Erkenntnis gründet sich auf Ergebnisse umfangreicher Vergleichsversuche mit heutigen Kahnformen in der Hamburgischen Versuchsanstalt, die gezeigt haben, daß etwa ¾ der auf mitteldeutschen Wasserstraßen benutzten Kähne, bezogen auf 1 t Verdrängung, eine Schleppkraft brauchen, die bei 5 km/h Geschwindigkeit im Kanal um 30 vH und im breiten Strom um 12 vH über dem Werte liegt, die man bei einer guten Schiffsform erhalten würde. Für 6,5 km/h Geschwindigkeit erhöhen sich diese Zahlen auf 33 vH im Kanal und 19,5 vH im breiten Strom. Diese Ergebnisse eröffnen die Aussicht, durch Anwendung der neuen Kahnform bei allen Neu- und Ersatzbauten allmählich zu großen Ersparnissen in der Antriebkraft für Schleppzüge zu gelangen.

In der Aussprache unterstrich Wasserbaudir. Frentzel, Potsdam, die Bedeutung der zuletzt erwähnten Modellversuche für die Erhaltung der Wasserstraßen und für die wirtschaftliche Ausnutzung der Schleusenanlagen. Hr. Hitzler hob ferner die Notwendigkeit hervor, nach der günstigsten Form des Schiffskörpers auch die günstigste Bauart der Ruder zu ermitteln.

Dr.-Ing. W. Riehm, Augsburg, sprach sodann über den

schnellaufenden Dieselmotor in der See- und Binnenschiffahrt.

Die neuere Entwicklung der Dieselmotoren für den Fahrzeugantrieb wird durch den Übergang zum Schnellauf beherrscht, der den Wünschen nach gesteigerter Leistung bei vermindertem Gewicht- und Raumbedarf entgegenkommt[2]). Bei den kleineren Viertakt-Dieselmotoren hat man den gesteigerten Ansprüchen des Schnellaufs an die Baufestigkeit durch Verwendung durchgehender, die Gußteile entlastender Zuganker sowie von Kolben- und Pleuelstangen aus leichten Legierungen entsprochen, mit dem Erfolg, daß ihr Gewicht heute nicht mehr als 12 kg/PS beträgt. Bei den Großmotoren hat sich der wichtigste Fortschritt durch die Anwendung der Schlitzspülung für die doppeltwirkenden Zweitaktmotoren ergeben. Diese Bauart gestattet heute, Motoren von 10 000 PS mit einem Einheitsgewicht von 27 kg/PS zu verwirklichen.

Bei der Anwendung schnellaufender Dieselmotoren als Antriebmaschinen für Schiffe beginnen die Übersetzungsgetriebe auch praktisch eine Rolle zu spielen, da sie die Möglichkeit bieten, die Drehzahlen der Propeller ganz unabhängig von den Drehzahlen der Motoren zu wählen. Während die elektrische Kraftübertragung bei uns nur wenig Anhänger gefunden hat, haben sich Zahnrädervorgelege ohne oder mit nachgiebiger Kupplung zwischen dem Motor und den Zahnrädern bereits vielfach bewährt. Von neueren Ausführungen dieser Art sind die Lloyd-Heckrad-Schlepper der Rheinwerft Walsum der Gutehoffnungshütte mit einfacher Schneckenübersetzung im Verhältnis 350 : 25 und die beim Bremer Vulkan, Bremen-Vegesack, im Bau befindliche Maschinenanlage für das Fahrgast-Motorschiff „St. Louis“ zu erwähnen. Diese Maschinenanlage umfaßt vier Motoren von je 3150 PS_e, von denen je zwei über hydraulische Föttinger-Vulkan-Kupplungen und einfache Zahnrädervorgelege mit je einer Schraubenwelle verbunden sind. Die hydraulischen Kupplungen haben sich bisher bei zehn Anlagen für größere und kleinere Schiffe gut bewährt.

Am 11. September tagte die Versammlung in Düsseldorf. Dr.-Ing. G. Kempf, Hamburg, berichtete hier auf Grund der Ergebnisse neuerer Schleppversuche über die Mittel, die heute dem Schiffbau zur Verfügung stehen, um durch geeignete

Ausbildung der Hinterschiffsformen

das Auftreten von Wirbeln und Wellen zu verhindern und Zu- und Abfluß im Bereich der Schrauben zu regeln. Wirbel, die durch Ablösen des Wassers vom Hinterschiff erzeugt werden, kann man vermeiden, wenn man das Breitenverhältnis des Schiffskörpers im Einklang mit der Geschwindigkeit bemißt, oder, wo die Schiffslänge beschränkt ist, das Heck stumpf abschneidet. Da aber die Wirbel auch durch ungenügendes Nachströmen des Wassers vom Boden her verursacht werden können, so sind die Anforderungen an die günstigste Schiffsform in dieser Hinsicht für See- und für Binnenschiffe verschieden. Über die Bildung von Wellen bei verschiedenen Schiffsformen haben Versuche mit zylindrischen Schiffskörpern unter Wasser Aufschluß geliefert. Diese zeigen, daß hier die Form der Spanten sowie der Verdrängungskurve entscheidenden Einfluß ausübt. Bei beschränkter Wassertiefe treten hinzu die Einflüsse der Stauwelle infolge der Bodennähe. In bezug auf die Regelung der Wasserströmung im Bereich der Schrauben haben sich die in besonderen Tunneln angeordneten Schrauben am vorteilhaftesten erwiesen, wie an dem Beispiel eines Schleppers mit vier Schraubentunneln gezeigt wurde. Diese Tunnel sind daher nicht nur als Notbehelf für teilweise austauchende Schrauben, sondern auch in tiefem Wasser vorteilhaft.

Dir. H. Thiele, Köln, sprach dann über die

Entwicklung des Personenschiffes auf dem Rhein.

In der Rheinschiffahrt hat sich seit dem Erstarken der Eisenbahn ein Übergang von dem gemischten Fracht- und Personendampfer der ersten Zeit zu dem reinen Personenschiff für den Ausflug- und Vergnügungsverkehr vollzogen. Diese Bauart wurde in den späteren Jahren in bezug auf Maschinenleistung und Bequemlichkeiten der Unterbringung verbessert, aber in der Hauptsache beibehalten. Der neuzeitlichste Vertreter dieser Schiffe ist das auf der Werft von Gebr. Sachsenberg gebaute Rheinschiff „Juliana“ der Niederländischen Rheinschiffahrts-Gesellschaft, das 2250 Personen auf zwei Decks faßt und außer einigen Schlafkabinen keinerlei Räume im Unterschiff für die Aufnahme von Fahrgästen verwendet. Von Motorschiffen sind die im Jahre 1927 in Dienst gestellten kleineren Schiffe „Freiherr vom Stein“ und „Beethoven“ zu erwähnen, von denen das erste mit Deutzer, das zweite mit MAN-Dieselmotoren ausgerüstet ist. Diese Schiffe wurden aus Gründen der Billigkeit mit Schraubenantrieb versehen.

Das wichtigste Problem, mit dem sich die Schiffahrt auf dem Rhein zur Zeit zu befassen hat, ist die Steigerung der Geschwindigkeit, die seit etwa 50 bis 60 Jahren keinen Fortschritt mehr aufzuweisen hatte, und im Zusammenhang damit die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Schiffe überhaupt. Die Lösung ist schwierig, weil einmal der Antrieb der Schiffe durch Schaufelräder unentbehrlich ist, da wegen der geringen Wassertiefe Schrauben von größerem Durchmesser nicht verwendet werden können. Hinzu kommt, daß wegen der begrenzten Wassertiefe der Kraftbedarf der Schiffe unverhältnismäßig schnell zunimmt, sobald man die Geschwindigkeit über die heutige Grenze steigert. Auch der starke Verkehr auf dem Rhein, der häufiges Verlangsamen der Fahrt bedingt, macht die Aufgabe schwierig. Zur Zeit wird erwogen, ob ein Seitenradschiff mit Dieselmotoren und Rädervorgelege Aussichten zu Fortschritten in dieser Hinsicht bietet.

Am 12. September besichtigten die Teilnehmer die Einrichtungen zur Erzeugung von Dieselmotoren bei der Motorenfabrik Deutz. Dir. F. Schultz gab in einem einleitenden Vortrag einen Überblick über den neuesten Stand der Erzeugung, die monatlich rd. 20 000 PS beträgt und wovon 75 bis 80 vH auf Dieselmotoren entfallen. Auch hier hat der Schnellauf den neuesten Fortschritten das Gepräge gegeben. Steife, schwingungsfeste Bauarten, zwangläufige Schmierung, staubsichere Verkleidung und Beherrschung der Verbrennung sind die Forderungen, die der Schnellauf ergibt. Bis zu Leistungen von 150 PS arbeiten die Motoren nach dem Vorkammerverfahren, während sie darüber hinaus als Strahl-Einspritzmotoren gebaut werden. Bei den Vorkammermotoren hat man durch geringe Änderung der Form der Vorkammer wesentlich bessere Leistungen erzielt. Große Beachtung fanden auch die in weitgehendem Maße durchgeführten Einrichtungen für die fließende Fertigung von Motoren kleiner und mittlerer Größen, ferner die Anwendung verschiedener Verfahren zum Verbessern der Oberflächen von geschliffenen Teilen, durch die die Abnutzung vermindert werden soll. Unter andern Neuerungen wurde auch ein Dieselmotor von 500 PS vorgeführt, dessen Leistung mit Auspuff-Turbogebläse nach Büchi auf über 800 PS gesteigert werden kann. [N 2033]

Berlin Dr. Heller

Arbeitsmaschinen

Über Säure-Kreiselpumpen

Bei der Förderung von Säuren bedient man sich neben Druckluft heute meist nur der Säurepumpen, wobei in manchen Gebieten die Kolbenpumpe allmählich von der Kreiselpumpe verdrängt wird. Die Kreiselpumpe senkrechter Bauart wird bisher noch nicht viel verwendet, dagegen hat sich die Pumpe mit wagerecht liegender Welle ein größeres Anwendungsgebiet geschaffen. Man kann bei den Säurekreiselpumpen wagerechter Bauart grundsätzlich drei Arten unterscheiden: mit Stopfbüchse, ohne Stopfbüchse und mit entlasteter Stopfbüchse.

[2]) s. S. 1371 dieses Heftes.

Abb. 1
Säurekreiselpumpe mit entlasteter Stopfbüchse.

Als Baustoff kann nur ein Werkstoff verwendet werden, der von den zu fördernden Säuren nicht angegriffen wird. Von derartigen Legierungen verwendet man wohl das Siliziumgußeisen am meisten, da es gegen die meisten Säuren, insbesondere Salpeter- und Schwefelsäure, jeder Konzentration und Temperatur praktisch beständig ist. Neben Siliziumguß verwendet man teilweise auch den V2A-Stahl von Krupp, den „Wegucit" des Wesselinger Gußwerkes Rheinguß, G. m. b. H., ferner Hartblei, Steinzeug u. a. säurebeständige Stoffe. Neuerdings haben eine Reihe von Firmen die Erzeugung von Siliziumguß, der 16 bis 18 vH Si enthält, und teilweise auch die Herstellung von Pumpen zur Förderung von Säuren aufgenommen. Neben der Grundbedingung, daß die Säurepumpe in allen Teilen, die mit der Säure in Berührung kommen, aus einem Baustoff hergestellt wird, der widerstandfähig gegen die Säure ist, ist der Aufbau der Pumpe selbst sehr wichtig.

Das Wesselinger Gußwerk Rheinguß, G. m. b. H., baut eine Säurezentrifugalpumpe in wagerechter Lage mit entlasteter Stopfbüchse, die sich in der chemischen Industrie gut bewährt hat, Abb. 1 und 2. Sämtliche mit der Förderflüssigkeit in Berührung kommenden Teile der Pumpe sind aus säurebeständigem Siliziumgußeisen hergestellt. Die eigentliche Pumpe ist in ihrem Aufbau sehr einfach gehalten. Durch Abnahme des Saugdeckels und Entfernen des Laufrades kann, nachdem die Schrauben, mit denen die Pumpe am Lagergehäuse befestigt ist, gelöst sind, der ganze Pumpenkörper abgenommen werden. Vor der Stopfbüchse *a* ist das Hilfsschleuderrad *b* angeordnet, das einen Gegendruck erzeugt. Der Raum vor der Stopfbüchse ist durch einen Umführungskanal *c* mit dem Saugraum *d* verbunden. Dadurch wird die Stopfbüchse, da im Saugraum Unterdruck herrscht, entlastet. Während die Pumpe läuft, kann also keine Flüssigkeit in die Stopfbüchse eintreten; sie hat daher während des Betriebes nur das Ansaugen von Luft in den Pumpenraum zu verhindern.

Muß die Stopfbüchse verpackt werden, so löst man die vier Befestigungsschrauben des pumpenseitigen Lagers und verschiebt dies auf der Welle nach der Motorseite, so daß die Stopfbüchse leicht zugänglich ist. Das richtige Spiel der Drehteile der Pumpe stellt man von dem andern Lager aus ein. [M 1905]

Berlin-Wilmersdorf Dipl.-Ing. Dr. A. Karsten

Abb. 2
Längsschnitt durch die Pumpe.

a Stopfbüchse *b* Hilfsschleuderrad *c* Umführungskanal *d* Saugraum

Verarbeitende Industrien

Selbsttätige Becherwerkausrückung

Es ist bekannt, daß ein sehr großer Teil von Mühlenbränden in den Köpfen der Becherwerke dadurch entsteht, daß bei stehenbleibendem Bechergut zwischen diesem und der weiterlaufenden angetriebenen Scheibe eine so große Reibung auftritt, daß die entstehende Wärme schließlich zur Entzündung von Mehlstaub oder von Schmieröl führt. Man benutzt nun die entstehende Wärme dazu, den Gurtscheibenrand dadurch stillzusetzen, daß der Schmelzstöpsel, der den Scheibenrand mit dem Armkreuz verbindet, abschmilzt (Heyn, Stettin). Die Seck-Werke, Dresden, bauen eine Vorrichtung, welche den Riemenrücker oder eine Reibkupplung durch einen kleinen Elektromotor betätigt, dessen Arbeitstrom durch einen sich durch die Wärme ausdehnenden Metallstab geschlossen wird. In beiden Fällen muß aber erst Wärme entstehen, bevor der Scheibenrand oder die ganze Scheibe stillgesetzt wird. Eine Bauart von Teichmann, Zeitz, löst die Verbindung zwischen der Gurtscheibe und der Antriebwelle oder einer Leerlaufbüchse schon bei geringem Gleiten des Gurtes auf der Scheibe.

Auf dem Gurt, Abb. 3 und 4, am besten in Verbindung mit der Becherbefestigung, sind über den Scheibenrand greifende Flacheisen als Anschläge *a* befestigt, deren Abstände voneinander gleichzeitig das Maß für das zulässige Gleiten darstellen und entsprechend gewählt werden können. Scheibe und Leerlaufbüchse *b* sind durch einen an der Scheibe drehbar gelagerten Winkelhebel *c*, dessen Nase *d* in eine entsprechende Nut des Bundes der Leerlaufbüchse eingreift, verbunden. Sobald der Gurt auf der Scheibe gleitet, stößt der Hebel *f* schließlich an einen der Anschläge *a*, wird zurückgehalten und zieht mittels der Zugstange *g* das Exzenter *e* in die radiale Lage, Abb. 5 und 6, wodurch der Winkelhebel *c* so weit gedreht wird, daß sich seine Nase *d* aus der Nut der Leerlaufscheibe heraushebt. Nunmehr kann sich die Leerlaufbüchse frei in der stillstehenden Scheibe drehen, und der Stift *i* auf der Leerlaufbüchse betätigt die an der Scheibe befestigte Alarm-

Abb. 3 und **4.** Betriebzustand.

Abb. 5 und **6.** Ausgerückter Zustand.

Abb. 3 bis **6**
Selbsttätige Becherwerkausrückung beim Gleiten des Gurtes.

a Flacheisenanschläge *b* Leerlaufbüchse *c* Winkelhebel *d* Nase *e* Exzenter *f* Hebel *g* Zugstange *h* Feder *i* Anschlagstift *k* Alarmglocke *l* Ausrückhebel *m* Nocken

glocke k. Zur Erhöhung der Sicherheit der Wirkung sind alle wichtigen Drehstellen mit staubdicht gekapselten Kugel- und Rollenlagern versehen.

In Mühlenbetrieben kann erwünscht sein, daß man, z. B. beim Schanzen andrer Maschinen, ein Becherwerk auch von jedem Geschoß her ausrücken kann. Dies geschieht mittels des Hebels *l*, durch den man die Nocken *m* links und rechts des Scheibenrandes so hoch stellen kann, daß der Hebel *f* anschlägt und damit die Nase des Winkelhebels *c* aus der Nut ausgehoben wird. Den Hebel *l* kann man mittels eines durch alle Geschosse reichenden Seilzuges betätigen. Diese selbsttätige Becherwerkausrückung hat sich in Getreide-, Farb- und Kohlenmühlen bereits gut bewährt. [M 1907]

Dippoldiswalde Meller

Werkstoffe

Über den inneren Aufbau der Chromstähle

Da über die in den Chromstählen enthaltenen Karbide noch recht viele auseinandergehende Ansichten herrschen, haben Ed. Maurer und H. Nienhaus[1]) in einer ausführlichen Arbeit über eigene Untersuchungen berichtet, die sie mit den bisher vorhandenen Untersuchungen über Chromkarbide vergleichen. Aus einer Zusammenstellung der Ergebnisse über die Zusammensetzung der Karbide, die auf chemischer Rückstandsanalyse beruhen, lassen sich die Formeln Cr_2C_2, Cr_4C_2 und Cr_5C_2 als die wahrscheinlichsten ableiten, während für das Karbid Cr_4C keine Stütze zu finden ist; immerhin lassen sich sichere Schlüsse daraus nicht ziehen. Auch über die gegenseitige Bindung von Eisenkarbid mit Chromkarbiden ist auf Grund der vorliegenden Arbeiten nichts auszusagen. Die meisten Forscher halten die Doppelkarbide für Mischkristalle eines der Chromkarbide mit Eisenkarbid. Im Gegensatz zu diesen (chemischen) Arbeiten haben Maurer und Nienhaus es unternommen, dem Aufbau der Chromkarbide auf rein physikalischem Wege näherzukommen.

Zur Bestimmung der Konstitution bedienten sie sich zunächst der Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes; sie untersuchten zwei Reihen von Chromstählen, die eine mit 0,5 vH und die andre mit etwa 1 vH Kohlenstoffgehalt, und zwar in geglühtem Zustand und nach Abschreckung bei 950° (in Leinöl). Stellt man den Widerstand in Abhängigkeit vom Chromgehalt dar, so zeigt sich bei etwa 5 vH Cr in den Kurven der geglühten Proben ein Knick, der bereits von Edwards und Norbury[2]) gefunden wurde. Aus dem Auftreten des Knicks schließen sie auf das Chromkarbid Cr_2C_2. Nach Maurer und Nienhaus ist der Vorgang aber jedenfalls so, daß sich ein Teil des Chroms im Eisen löst und sich der andre Teil des Kohlenstoffs des Eisenkarbids bemächtigt. Inwieweit dies geschieht, kann man aus den Kurven nicht ersehen; nur ist der letzte Vorgang bei den Stählen mit 1 vH C stärker ausgeprägt. Nachdem dann ein bestimmtes Chromkarbid gebildet wurde, steigt die Widerstandskurve, aber in beiden Fällen nur um ein weniges mehr, als nach dem Verlauf der Widerstandskurve für praktisch kohlenstoff-, mangan- und siliziumfreie Chromstähle zu erwarten war. Durch den Knick bei etwa 5 vH Cr wird mithin nur ein Chromkarbid angezeigt; jedoch erscheint die Ableitung einer Konstitutionsformel völlig ausgeschlossen.

Auch die Widerstandskurven der abgeschreckten Proben verlaufen so, daß irgendwelche weiteren Schlußfolgerungen auf die Natur des in Frage kommenden Chromkarbids nicht zu ziehen sind. Maurer und Nienhaus untersuchten die Umwandlungen (im festen Zustand) bei 22 Chrom-Eisen-Kohlenstoff-Legierungen an der Hand von Saladin-, Ausdehnungs- und magnetischen Temperaturkurven. Sie fanden zunächst bei den Legierungen mit 0,55 vH und mit 1 vH C eine völlige Abschnürung des γ-Gebietes. Als Grenzen der Ac_3-Kurven ergaben sich etwa 25 und 28 vH Cr gegenüber 17 vH Cr bei praktisch kohlenstofffreien Legierungen. Ferner wurde das Überschneiden der Ac_1-Linie und der Ac_2-Linie bei etwa 2 und 2,5 vH Cr durch Extrapolation gefunden. Im übrigen konnte das von Murakami[3]) aufgestellte Diagramm in seinen Grundzügen bestätigt werden, mit Ausnahme der Grenzlinie, die die umwandlungsfreien Legierungen abschließt; diese Linie hat ihren Ausgang nicht bei 0 vH, sondern bei 17 vH Cr. Auch diese verschiedenen Kennlinien in dem Zustandsschaubild, die durch verschiedene physikalische Untersuchungsverfahren gefunden und größtenteils bestätigt worden sind, geben keine Anhaltpunkte irgendwelcher Art über eine etwaige Zusammensetzung von Karbiden oder über das Auftreten von Doppelkarbiden, wie dies von andern Forschern geschehen ist. [N 1895]

Charlottenburg A. Schulze

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 48 (1928) S. 996.
[2]) Journ. Iron Steel Inst. Bd. 101 (1920) S. 447.
[3]) Science Rep. Tohoku Univ. Bd. 7 (1918) S. 217.

Brennstoffe

Versuche an Kohlenstaubmühlen

In Ergänzung des in Nr. 34 dieser Zeitschrift, S. 1197 veröffentlichten Berichts über die 7. Tagung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine, München 1928, hat Dipl.-Ing. Presser, Essen, über die beim Dampfkessel-Überwachungs-Verein der Zechen im Oberbergamts-Bezirk Dortmund im Gang befindlichen Versuche an Kohlenstaubmühlen folgendes mitgeteilt:

Die Versuche sollen insbesondere die Beziehungen zwischen der Mahlbarkeit und dem Kraftbedarf bei verschiedenen Kohlenarten näher aufklären. An der Hand neuerer Versuche wurde darauf hingewiesen, daß die Ansicht, alle Mühlen mit Windsichtung ergäben bei Vollast die höchste Feinheit, nicht zutrifft. Z. B. nimmt bei der im Vortrag beschriebenen Resolutormühle die Feinheit mit sinkender Belastung zu. Eine Dreiwalzen-Ringmühle liefert die höchste Staubfeinheit bei einer mittleren Belastung. Daraus folgt, daß der Verlauf der Feinheitskennlinien in Abhängigkeit von der Belastung nicht einheitlich ist, sondern sich mit der Wirkungsweise des Sichters ändert. Die Versuche wurden vorerst mit drei Arten von Ruhrkohlen mit mittlerem Gasgehalt durchgeführt. Allmählich sollen die Versuchswerte vervollständigt werden, um auf dem Wege der Großzahlforschung brauchbare Ergebnisse für die Praxis zu erlangen. Im Mittel beträgt die Gesamtmahlarbeit bei Federkraft- und bei Fliehkraft-Mühlen 15 bis 18 kWh/t, bei üblicher Feinheit von 12 bis 15 vH Rückstand auf Normalsieb Nr. 70. [N 2047]

Werkzeuge

Schneidstähle mit aufgeschweißten Schneidplättchen

Zu dem in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 13 S. 445 veröffentlichten Bericht über „Schneidstähle mit aufgeschweißten Schneidplättchen" wurde uns mitgeteilt, daß diese gedrängte Zusammenfassung die Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Hartmetall oder Schnellstahl nicht eindeutig zum Ausdruck brächte. Wir verweisen deshalb nochmals auf die in der Zeitschrift „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) Nr. 2 S. 49 u. f. erschienenen Aufsätze „Schneidstähle mit aufgeschweißten Plättchen aus Schneidmetall" von C. W. Drescher und „Untersuchung über die wirtschaftliche Herstellung und Instandhaltung aufgeschweißter Schneidmetalle" von Dipl.-Ing. Kreide, nach denen der Bericht verfaßt worden ist. [N 2035] Die Schriftleitung.

Kleine Mitteilungen

Selbsttätige Regelung von Gasfeuerungen

Häufige Druckschwankungen in der Gaszufuhr, die beim Betrieb von Winderhitzern oder von Kesseln mit Gichtgasfeuerung unvermeidlich sind, machen die Handregelung sehr unwirtschaftlich. Die Acklam Iron and Steel Works haben daher durch Einbau der selbsttätigen Steinbart-Regelung die Anzahl der Winderhitzer für einen Hochofen von vier auf drei vermindern und die Windtemperaturen um rd. 84 ° erhöhen können. Dieser Regler, der u. a. in Amerika bereits 721 Feuerungen bedienen soll, stellt auch bei Druckschwankungen für jeden Winderhitzer oder Kessel selbsttätig das günstigste Verhältnis zwischen Gas und Verbrennungsluft ein. Die beiden 580 m²-Babcock-Kessel dieses Werkes werden mit Gichtgas von 0,008 g/m³ Staubgehalt beheizt. Nach Einbau der Steinbart-Regler stieg die Dampfleistung der Kessel von je 7250 auf 11 300 kg/h und der Wirkungsgrad um 18 vH. („The Iron and Coal Trades Review" 14. September 1928 S. 360*) [N 2046 a] Le.

Die „President Cleveland"-Lokomotive

Bei dieser neuesten Riesenlokomotive der Baltimore und Ohio-Bahn ist insbesondere auf die Formschönheit, auf gefällige und geschmeidige Linien besonderer Wert gelegt worden. Erreicht ist diese Absicht vor allem dadurch, daß alle Hilfsmaschinen und Rohrleitungen verdeckt unter dem Kessel angebracht wurden.

In ihren baulichen Einzelheiten vereinigt die „President Cleveland“ ebenfalls die neuesten technischen Fortschritte auf dem Gebiete des Lokomotivbaues. So ist sie u. a. mit einer Wasserrohr-Feuerbüchse mit Stoker zur selbsttätigen Rostbeschickung und Caprotti-Steuerung[1]) ausgerüstet. Die Nockenwelle für die Steuerung der Ventile wird von der Treibachse aus über ein Kegelradvorgelege angetrieben. Abweichend hiervon wird bei verschiedenen andern mit Caprotti-Steuerung ausgeführten Lokomotiven die Bewegung von einer Kuppelachse abgeleitet.

Die Hauptkonstruktionszahlen der Lokomotive mit der Achsfolge 2 C 1 sind:

Zyl.-Dmr.	2 × 686 mm
Kolbenhub	711 „
Gesamtgewicht einschl. Tender	258 t
Kesseldruck	14 at
Gesamtheizfläche	537 m²
Rostfläche	6,5 „
Zugkraft	22 680 kg
Achsdruck	29 t

Bei den Versuchen betrug die indizierte Leistung der Lokomotive 2330 PS. („Railway Age“ 1. September 1928 S. 411*) [N 2046 b] Ro.

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 286.

Überfahrtzeiten nach Amerika

Im Zusammenhang mit dem Bau der deutschen Schnelldampfer „Bremen“ und „Europa“ sei erwähnt, daß der Schnelldampfer „Mauretania“ seine letzte Reise von New York nach Plymouth in fünf Tagen und sechs Minuten zurückgelegt hat. Im Juli 1928 fuhr er seine bisher schnellste Reise westwärts in fünf Tagen, drei Stunden und 17 Minuten, von Cherbourgh nach New York.

Der Norddeutsche Lloyd hat nun für seinen neuen Dampfer eine fünftägige Überfahrt von New York nach Southampton, das an Stelle von Plymouth auch auf der Rückreise angelaufen wird, im Fahrplan vorgesehen, so daß sie wohl das Blaue Band des Ozeans für Deutschland zurückgewinnen werden. Allein dies wird nur kurze Zeit dauern, da die White Star Linie vor kurzem das größte Schiff der Welt von 60 000 B.-R.-T. in Auftrag gegeben hat und auch die Cunard Line den Bau eines ähnlichen Schiffes beabsichtigt. Angeblich soll die Länge rd. 320 m und die Breite 36,57 m betragen, so daß die Abmessungen der „Europa“ und „Bremen“ um rd. 50 m in der Länge und rd. 5,5 m in der Breite überschritten werden. Die Leistung der Maschinenanlage, vier Wellen mit Getriebeturbinen und Hochdruck-Wasserrohrkessel, ist mit 140 000 PS, im Gegensatz zu „Europa“ und „Bremen“ mit 96 000 PS, angegeben, so daß das Schiff auch eine höhere Geschwindigkeit von etwa 27,5 bis 28 Kn als die der großen deutschen Schnelldampfer erreichen dürfte. („The Engineer“ 14. September 1928 S. 273.) [N 2046 e] Ls.

Ausbau der Wasserkräfte in Palästina

Der Palestine Electric Corp. ist für 70 Jahre das alleinige Ausnutzungsrecht für die Wasserkräfte des Jordan und des Jarmuk verliehen worden. Palästina hat eine mittlere jährliche Regenhöhe von rd. 540 mm, davon fallen weniger als 25 mm vom Mai bis Oktober. Entsprechend schwankt die Wassermenge des Jordan in der Nähe des Sees Genezareth zwischen 5 m³/s im Sommer und 65 m³/s im Winter, die des Jarmuk, eines reinen Gebirgsflusses, zwischen 4,5 m³/s im Sommer und 300 m³/s im Winter. Zur Zeit ist bei Jisr-el-Mujamieh, rd. 12 km südlich des Sees Genezareth und rd. 1,6 km südlich der Mündung des Jarmuk in den Jordan, ein Kraftwerk im Bau, das drei Turbinen mit senkrechter Welle und je 8000 PS erhalten soll; eine Turbine dient als Aushilfe. Für die Zukunft ist der Einbau einer vierten Turbine vorgesehen. Zwei Speicherbecken sollen eine Mindestwassermenge von 33 m³/s liefern. Der Drehstrom soll mit 6,3 kV erzeugt, mit 66 kV nach Haifa und Jaffa weitergeleitet, von dort mit 22 kV zu den Unterwerken in den Gemeinden übertragen und mit 220/380 V an die Verbraucher abgegeben werden.

Gegenwärtig sind drei Dieselkraftwerke im Betrieb: Haifa mit 1000 PS, Tiberias mit 150 PS und Jaffa mit 800 PS; sie liefern Drehstrom, der mit 6,3 kV erzeugt und mit 15 kV rd. 21 km weit von den Städten verteilt wird.

Geplant ist ferner, den See Genezareth als Speicher für die Hochwasser des Jarmuk auszunutzen, den Jordan auf 7 m zu vertiefen und ein weiteres Kraftwerk für 45 m³/s und rd. 21 m Gefälle bei Abadieh zu errichten. („Engineering News Record“ 30. August 1928 S. 321*). [N 2046 g] Pa.

Wolkenkratzer aus Eisenbeton

An der Ecke zweier sich im spitzen Winkel treffender Straßenzüge ist am Delaware-Platz in Chikago ein Wolkenkratzer mit 21 Stockwerken erbaut worden. Die Front an der einen Straße ist 30,3 m, an der andern 22,6 m lang. Die Höhe des Gebäudes beträgt 71,5 m. Mit Rücksicht auf den schlechten Untergrund ist das Haus auf rd. 18 m tiefen Holzpfählen gegründet. Die unregelmäßige Grundrißform bedingte ungleiche Abstände der Tragsäulen voneinander, deren Größe ebenfalls verschieden gewählt wurde. Die dickste Säule ist unten 1032 mm lang und 570 mm breit, im ersten Stockwerk 940 mm lang und 560 mm breit und verjüngt sich entsprechend nach oben. Die Fußböden können rd. 2,9 kg/cm² lebende Last aufnehmen. Besonders schwierig gestaltete sich bei diesem zweithöchsten, aus Eisenbeton erbauten Wolkenkratzer Chikagos infolge der unregelmäßigen Form des Gebäudes die Lösung der Aufgabe, den Winddruck richtig aufzunehmen.

Der Bau wurde im Winter 1927/28 ausgeführt und dauerte einschließlich der Arbeiten für die Pfahlgründung nur etwa 5 Monate. Die Wahl einer Eisenbetonkonstruktion brachte gegenüber einer Ausführung in Stahl erhebliche Ersparnisse, für das Traggerüst allein 70 000 $. Für die Bewehrung waren 456 t Stahl erforderlich, gegenüber rd. 600 t bei reiner Eisenkonstruktion. („Engineering News-Record“ 30. August 1928 S. 315*) [N 2046 f] Sd.

Selbsttätige Vernickelanlage

Die Oakland Motor Car Co. in Pontiac, Mich., hat eine große, vollständig selbsttätig arbeitende Anlage zum Verkupfern und Vernickeln der Kühlerrahmen eingerichtet. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß das Polieren zwischen dem Verkupfern und Vernickeln ausgeschaltet ist. Die Rahmen werden mittels einer sich mit 0,57 m/min bewegenden Kette durch die Reinigungs- und Polierabteilungen und dann selbsttätig mittels Schwingen während genau eingestellter Zeiten durch die Kupfer- und Nickelbäder geführt. Die Anlage ist rd. 40 m lang und 2,5 m breit; der zum Vernickeln dienende Teil ist allein rd. 17 m lang. Die Behälter für die Bäder bestehen aus Stahl und sind innen mit Gummi überzogen. Nach dem Vernickeln werden die Rahmen wieder an die Förderkette gehängt, die durch die Nickelpoliererei und von dort zur Verchromungsanlage führt.

Der für das Verkupfern notwendige elektrische Strom von 6000 A und 6 V wird von einem Stromerzeuger, der Strom von 7500 A und 8 V für das Vernickeln von zwei Stromerzeugern und der von 4000 A und 12 V für das Verchromen notwendige Strom ebenfalls von zwei Stromerzeugern geliefert, die sämtlich unmittelbar unterhalb der galvanischen Anlagen aufgestellt sind. („American Machinist“, London, 15. September 1928 S. 241*) [N 2046 d] Schr.

Das Schweißen schwerer Bleche

Die Maschinenfabrik Gebrüder Sulzer, Winterthur, hat seit Anfang des Jahrhunderts die Schweißerei eingeführt. Man hat das Sauerstoff-Azetylen-Verfahren so weit ausgebildet, daß heute zahlreiche Gegenstände, teilweise sehr großen Umfanges, statt genietet, geschweißt werden. Insbesondere wird die elektrische Lichtbogen-Schweißung angewendet.

Die Einrichtung der elektrischen Schweißerei ist noch nicht einheitlich durchgeführt. Die Gleichstrommaschinen mit gleichbleibender Spannung, die den Strom gleichzeitig an verschiedene Arbeitstellen liefern, erfordern hohe Anlagekosten und sind Stromvergeuder; um diese Nachteile zu vermeiden, hat man jetzt Einzelstromerzeuger aufgestellt. Die beste Lösung hinsichtlich Anlagekosten und Stromverbrauch bietet die Wechselstrommaschine. Ein einziger Umformer genügt dann, um den Lieferungsstrom auf die Schweißspannung umzuformen. Die Erfahrung bei der Anlage bei Sulzer hat jedoch gelehrt, daß das Schweißen mit Gleichstrom leichter zu erlernen und auszuführen ist als mit Wechselstrom.

Nach dem Sauerstoff-Azetylen-Schweißverfahren für hohen Druck werden in der Hauptsache Rohrverbindungen, Rohre, Kessel und Geräte geschweißt. Da die Güte der Schweißung im Fertigzustand schwer nachzuprüfen ist, müssen laufend Güteuntersuchungen der Schweißstellen vorgenommen werden; auch die Schweißer müssen für die Ausführung dieser Arbeiten sehr sorgfältig ausgewählt werden. („The Iron Age“ 6. September 1928 S. 567.) [N2046 h] Ste.

BÜCHERSCHAU

Dieselmaschinen. Grundlagen, Bauarten, Probleme. Von Julius Magg. Berlin 1928, VDI-Verlag. 274 S. m. 335 Abb. Preis 26 *RM*, für VDI-Mitglieder 23,40 *RM*.

Das Buch ist aus einer Anregung des Vereines deutscher Ingenieure an den Verfasser, die Probleme der Dieselmaschine zu behandeln, entstanden. Es will die Grundlagen nach wissenschaftlicher und erfahrungstechnischer Richtung ausbauen; daß ihm dieses geglückt ist, wird jeder Leser empfinden.

In dem ersten der drei Hauptteile, „Grundlagen", wird die Thermodynamik der Dieselmaschine behandelt, wobei auch die Veränderlichkeit der spezifischen Wärmen berücksichtigt und die notwendig werdende Berichtigung für die aus den bisherigen Rechnungsmethoden gewonnenen Ergebnisse angegeben wird. Eine Besprechung der Brennstoffe und ihrer Eignung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen schließen sich an.

In dem Teil „Bauarten" gibt der Verfasser Richtlinien, die dem schaffenden Ingenieur manche grundlegende Entscheidung (Vier- oder Zweitakt, Langsam- oder Schnellauf, stehend oder liegend usw.) erleichtern sollen. Eine reichhaltige Wiedergabe vornehmlich inländischer älterer und neuester Konstruktionen für alle Zwecke zeigt dem Leser die Entwicklung der Dieselmaschine und bietet ihm bei vertieftem Studium reichliche konstruktive Belehrung. Eine rechnerische Behandlung der Bauteile, die nur Wiederholung hätte sein können, ist vermieden.

Die „Sonderprobleme" befassen sich mit brennenden Fragen, die der Weiterentwicklung der Dieselmaschine gelten. Es werden erörtert: die thermodynamischen Entwicklungsmöglichkeiten des Dieselprozesses, die Leistungssteigerung durch Aufladen, der Spül- und Ladevorgang bei Zweitaktmaschinen, die Abgasturbine und das gemischte Verbrennungsverfahren. Die Stellungnahme des Verfassers, die besonders in dem letztgenannten Kapitel scharf hervortritt und lediglich im klassischen, reinen Gleichdruckverfahren den zu erstrebenden Idealprozeß sieht, ist für das ganze Buch bestimmend.

Erwähnenswert ist noch ein umfangreicher, z. T. kritischer Literaturnachweis im Anhang.

Das Buch kann jedem, der mit dem Wesen der Dieselmaschine bereits vertraut ist und die Thermodynamik der Wärmekraftmaschinen beherrscht, zur weiteren Vertiefung empfohlen werden. Man hätte dem Leser eine Erleichterung schaffen können, wenn die Textabbildungen Unterschriften erhalten hätten. Geringfügige Unklarheiten (z. B. Abb. 7 S. 13, übereinstimmende Bezeichnungen in Abb. 38 und 40, gleichmäßige Schreibweise von Vier- und Zweitakt) können den Eindruck des Werkes nicht schmälern.

[E 1975] Dr.-Ing. A. Leitner

Handbuch für Eisenbetonbau. Herausgeg. von F. Emperger. 3. Aufl. 9. Bd.: **Die in- und ausländischen Eisenbetonbestimmungen.** Bearb. von J. Lorenz-Meyer. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 290 S. m. 78 Abb. Preis 19,50 *RM*.

Es war eine dankenswerte Aufgabe, die Bestimmungen der verschiedenen Länder einander tabellarisch gegenüberzustellen und dabei auf die wichtigsten Unterschiede hinzuweisen. Neben dieser Zusammenstellung wird der Wortlaut der Bestimmungen von 17 Ländern mitgeteilt. Etwas Ähnliches fehlte bisher in der Literatur. Damit ist ein Mangel behoben, der bei Arbeiten im und mit dem Auslande sich häufig bemerkbar gemacht hat.

Wenn der Herausgeber sich aber der Hoffnung hingibt, daß diese Zusammenstellung eine Grundlage für die 1927 in Amsterdam ins Auge gefaßte Rahmenvorschrift für sämtliche Länder werden könnte, so fürchte ich, daß seine Hoffnung nur ein Wunsch bleibt. Die Tatsache, daß England, Frankreich und Amerika, von kleineren Ländern abgesehen, entweder keine bindenden Bestimmungen oder nur Richtlinien kennen, muß zu denken geben.

[E 1893] Prof. Dr.-Ing. Birkenstock

Die Mörtelbindestoffe Zement, Kalk, Gips. 4. Aufl. des Buches: Die Aufbereitung der Mörtelmaterialien, von K. Schoch. Herausgeg. von N. Nitzsche. Berlin 1928, Verlag der Tonindustrie-Zeitung. 796 S. m. 404 Abb. Preis 44 *RM*.

Das Werk Schochs ist nach dem Tode des Verfassers in neuer Auflage erschienen, von Dr.-Ing. Nitzsche und einer Anzahl berufener Fachleute bearbeitet. Die Tafeln, die früher gesondert erschienen, hat man in den Textband eingefügt, da man deren Zahl durch Vereinfachung und Vereinheitlichung herabsetzen konnte. Den allgemeinen Aufbau des Werkes hat man als zweckmäßig beibehalten; er hat nur geringe Änderungen erfahren. Hinzugekommen sind die Kapitel über Erzeugung hochwertiger Portland- und Hüttenzemente und über Erzeugung des Tonerdeschmelzzements und des Portlandschmelzzements. Ferner hat die Entwicklung der Zementprüfung zur Zusammenfassung in einem besonderen Kapitel: die technischen Eigenschaften der Zemente und deren Prüfung, geführt. Die zu diesem Kapitel gehörenden Zementnormen des In- und Auslandes sind mit Rücksicht auf Auswechselbarkeit als lose Blätter in einer Deckeltasche beigelegt. Besonderer Wert ist bei der Neubearbeitung auf die wissenschaftliche Behandlung der einzelnen Abschnitte gelegt. Die für die Praxis notwendigen Grundlagen sind durch zahlreiche Literaturangaben ergänzt. Infolge der eingehenden Bearbeitung des großen Gebietes der Mörtelbindestoffe und infolge der Berücksichtigung aller technischen Neuerungen auf diesem Gebiet wird selbst der schon länger in diesem Zweige der Technik tätige Fachmann in der neuen Auflage viel Wissenswertes finden. [E 1836] S.

Betriebswissenschaftliche Bücher. 6. Bd.: **Betriebsorganisation und Betriebsabrechnung.** Von Hans D. Brasch. Berlin 1928, Georg Stilke. 139 S. m. 32 Abb. Preis 5 *RM*.

Im ganzen ein wohlgelungener Versuch, das große Gebiet betrieblicher Organisation in einem schmalen Bändchen zusammenfassend zu behandeln. Die betriebswirtschaftlichen Grundbegriffe werden klar dargestellt und dann werden Arbeitsvorbereitung und Arbeitsführung im einzelnen behandelt, ohne ein Zuviel an Vordrucken usw. zu bieten; denn „Organisation ist Maßarbeit" und die organisatorischen Hilfsmittel müssen erst recht jedem Einzelfalle sorgsam angepaßt werden.

Der Abschnitt „Betriebsabrechnung" bringt manche Überschneidungen mit Bd. 4 der gleichen Schriftenreihe, greift aber in den Abschnitten „Erfolgsrechnung", „Buchführung" und „Budgetrechnung" über die reine Selbstkostenrechnung hinaus. Sehr zweckmäßig scheint es nicht, in einer und derselben Buchreihe zwei so verschiedene Darstellungen des betrieblichen Rechnungswesens kurz nach einander zu bringen, selbst wenn man zugibt, daß eine Behandlung betriebsorganisatorischer Fragen ohne Einbeziehung des Rechnungswesens unvollständig bleiben muß. [E 1899] Zdl.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 2. Bd. 1. Lfg. 1928, 404 S. m. 187 Abb. Preis 37,50 *RM*.; 5. Bd. 1. Lfg. 1927, 472 S. m. 321 Abb. 45 *RM*.; 5. Bd. 2. Lfg. 1928, 245 S. m. 101 Abb. 24 *RM*.; 6. Bd. 1. Lfg. 1927, 460 S. m. 311 Abb. 45 *RM*.

Technische Fortschritte werden häufig dadurch erreicht, daß man die auf dem einen Gebiete gewonnenen Erfahrungen auf ein andres überträgt, z. B. hat man für die Form von Luftschiffen die Erfahrungen mit Torpedo- und Schiffsformen verwandt (Schütte-Lanz). Anderseits hat man die bei Luftschiffen und Flugzeugen gewonnenen Erfahrungen mit Leichtmetallen auf den Leichtbau oder Erfahrungen mit Tragflügelpropellern auf Seeschiffe übertragen können. Damit erhalten die Grenzgebiete, bei den angeführten Beispielen sind es die Strömungsforschung, die Festigkeitslehre und die Werkstoffkunde, eine erhöhte Bedeutung für die Technik.

Nicht immer kann man angeben, wo Berührungspunkte zwischen zwei verschiedenen Gebieten eintreten werden. Oft ergeben sich Analogien aus dem gleichen Aufbau von Differentialgleichungen, die den Verlauf verschiedener Erscheinungen beschreiben. In andern Fällen, z. B. bei der Brownschen Bewegung und der kinetischen Theorie der Gase oder beim Aufbau der Knochenspongiosa und den Trajektorien beanspruchter Bauteile, ähneln sich Erscheinungen auf dem einen Gebiete und Ergebnisse theoretischer Betrachtungen auf einem andern. Jedenfalls regen solche Vergleiche den Geist sehr an und manche oft nur gefühlsmäßig beachtete Tatsache wird dabei geklärt.

Mit Rücksicht hierauf sind solche Werke besonders hoch einzuschätzen, in denen Forscher ganz verschiedener Gebiete in einem gemeinsamen Werk über den Stand ihrer Wissenschaft berichten. Solch ein Werk ist das jetzt im Erscheinen begriffene Handbuch der physikalischen und

technischen Mechanik, an dem über 50 Forscher arbeiten. Von den vorliegenden fünf Lieferungen behandeln:

2. Bd. 1. Lief.: Allgemeine Kinetik, Relativitätsmechanik, Zentralbewegung, Himmelsmechanik, Planetarien, irdische Schwere, äußere und innere Ballistik, physiologische Mechanik;
5. Bd. 1. Lief.: Eigenschaften der Flüssigkeiten, Hydrostatik, Hydrodynamik, Wirbelbewegungen, Strömung und Turbulenz, Meeresströmungen, Ausfluß und Strahlbildung, Bewegung fester Körper in Flüssigkeiten, Wellenbewegung der Flüssigkeiten, Ebbe und Flut, Reibung von Flüssigkeiten;
5. Bd. 2. Lief.: Wärmeübertragung an bewegte Flüssigkeiten und Gase, Theorie des Schiffes;
6. Bd. 1. Lief.: Eigenschaften der Gase, Aerostatik, Luftpumpen und Vakuumtechnik, Aerodynamik, Atmosphärische Bewegungen, Technische Messungen an Gasen, innere Reibung der Gase, Explosion und Explosionswellen, feste und flüssige Körper in Gasen;
7. Bd. 1. Lief.: Kapillarität, Kapillarchemie, disperse Systeme und Brownsche Bewegung.

Man erkennt schon aus der Inhaltsangabe, daß dieses Handbuch ein sehr umfassendes Werk zu werden bestimmt ist, das über alle Fragen der praktischen Mechanik Auskunft geben soll. [E 1870] W. Schmidt

Die Personalausbildung bei der Deutschen Reichsbahn. Ein Handbuch, bearbeitet unter Mitwirkung von Reichsbahnrat Dr. Couvé von Bruno Schwarze. Berlin 1928, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 742 S. m. 92 Abb. u. 23 Taf. Preis 20 *RM*.

Das Ausbildungswesen hat bei der Deutschen Reichsbahn einen hohen Stand erreicht; um es aber noch erfolgreicher zu fördern, hat der Verfasser seine jahrelangen Erfahrungen auf Grund seiner Tätigkeit an maßgebender Stelle im Reichsbahn-Ausbildungswesen in diesem Buche niedergelegt.

Er wirft zunächst einen Rückblick auf die Geschichte des Ausbildungswesens nicht nur der Reichsbahn, sondern auch anderer großen öffentlichen Verwaltungen und erörtert die Voraussetzungen planmäßigen Unterrichts bei der Reichsbahn. Der Lehrling- und Praktikantenausbildung mißt der Verfasser besondere Bedeutung bei. Psychotechnik, Berufskunde u. a., Lehrmittel und Lehrkräfte werden eingehend gewürdigt. Wirtschaftlichkeit und Kosten des Unterrichts untersucht der Verfasser eingehend, mit dem Ergebnis, daß die Erfolge die Aufwendungen rechtfertigen. Er bezeichnet es als eine Aufgabe der Reichsbahn, auch das freiwillige Bildungsbedürfnis ihrer Beamten zu fördern.

Das Buch ist nicht nur für die Stellen der Reichsbahn, die sich mit diesen Fragen befassen, wertvoll, sondern auch für andere Verwaltungen und große Privatbetriebe unentbehrlich. Der Verfasser hat eine dankbare Aufgabe erfüllt. [E 1954] Ro.

Samuel Gompers. Arbeiterschaft und Volksgemeinschaft in den Vereinigten Staaten von Amerika. Von Hermann Lufft. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 213 S. Preis 7,20 *RM*.

Samuel Gompers, der größte Führer in der amerikanischen Gewerkschafts- und Arbeiterbewegung, hat im 74. Jahre seines Lebens, noch voller Frische mitten in der Arbeit stehend, die Darstellung seines eigenen Wirkens und Schaffens zum Abschluß gebracht.

Gompers war ein Mann von seltenen Gaben, kerngesund in jeglicher Beziehung, lebensfroh, fortschrittlich und für die Freiheit kämpfend, Feind dem Radikalismus und Sozialismus, ganz und gar durchdrungen von der großen Liebe zur Arbeiterschaft und dem Glauben an ihre Zukunft.

So hat er, allen inneren und äußeren Widerständen trotzend, die American Federation of Labor geschaffen, immer das Ziel vor Augen, alle Arbeiter zu besserer materieller Lage und damit zu einer höheren Stufe der Kultur zu führen, immer den Grundsatz vertretend, daß Arbeit keine Ware sei und daß die Arbeiterschaft sich als Teil der gesamten Nation fühlen solle. So war Gompers auch Nationalist, und vielfach ist nicht bekannt, daß er als Feind deutscher Einrichtungen den Geist vorbereitet hat, der zum Eintritt Amerikas in den Krieg führte.

Im Krieg aber hat er an verantwortungsvoller Stelle mit aller ihm innewohnenden Tatkraft für die amerikanische Kriegsrüstung und für den Erfolg der amerikanischen Waffen gearbeitet. Vor der Betätigung und der Bindung in der Politik hat er mit guten Gründen seine Gewerkschaft zu bewahren verstanden. Für Amerika aber bedeutet Gompers weit mehr als nur den Arbeiterführer, er hat einen wesentlichen Anteil daran, daß Amerika heute den Platz einnimmt, auf dem es seit dem großen Kriege steht. Alles in allem war Gompers eine starke Persönlichkeit, mit deren Denken und Handeln sich vertraut zu machen, für jeden nützlich sein wird, einerlei ob er Politiker oder Wirtschaftler sein mag.

Lufft will mit seinem Büchlein das Verständnis für Gompers und seine Werke wecken. Er schildert in klarer und verständlicher Form die Bedingungen, unter denen Gompers seine Arbeit begann und zur Durchführung brachte. Der große Unterschied zwischen Amerika und Europa ist gut herausgearbeitet, das Lebensbild Gompers mit kräftigen Strichen klar gezeichnet. Wer dieses Buch gelesen hat, wird sicher den Wunsch haben, mehr von Gompers zu erfahren, und damit hat der Verfasser seinen Zweck erreicht.
[E 1976] Kothe

Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Milan Vidmar. Berlin 1928, Julius Springer. 451 S. m. 352 Abb. Preis 16,50 *RM*.

Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. Herausgeg. vom Elektrotechnischen Verein E. V. 1. Bd. Berlin 1928, Julius Springer. 98 S. m. 99 Abb. Preis 7 *RM*.

Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. **Statistik für das Jahr 1927.** Berlin 1928, Selbstverlag. 651 S. m. 1 Plan. Preis 50 *RM*.

Was müssen Käufer und Verkäufer elektrischer Arbeit von der Phasenverschiebung und ihrer Bekämpfung wissen? Von Gustav W. Meyer. 2. Aufl. Bodenbach a. d. Elbe 1928, Meyers technischer Verlag. 220 S. m. 115 Abb. Preis 6,80 *RM*.

Automobiltechnische Bibliothek, 13. Bd.: **Die elektrische Ausrüstung des Kraftfahrzeuges. 1. T.: Zündung.** Von Erich Klaiber und Walter Lippart. Berlin 1928, M. Krayn. 237 S. m. 157 Abb. Preis 19 *RM*.

Autotechnische Bibliothek, 86. Bd.: **Die Kraftwagenstähle** und ihre Feuerbehandlung. Von Luth Westerkamp. Berlin 1928, Rich. Carl Schmidt & Co. 155 S. m. 79 Abb. Preis 3,50 *RM*.

Der Flugzeugbau Schütte-Lanz. Von Wilhelm Hillmann. Berlin 1928, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co. 64 S. m. 74 Abb. und 2 Taf. Preis 7,25 *RM*.

Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. Von Julius Wiesner. 4. Aufl. Herausgeg. von Paul Krais und Wilh. von Brehmer. 1. Bd.: Alkaloide — Hefen. Leipzig 1927, Wilh. Engelmann. 1122 S. m. 307 Abb. Preis 49 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 6. OKTOBER 1928 Nr. 40

Luftfahrt

Aufgaben der Luftfahrt

Von Prof. Dr. E. Everling, Technische Hochschule Berlin

Wie man einen heranwachsenden Menschen nicht fragt: „Was bist Du?“, sondern: „Was willst Du werden?“, so fragen wir auch die immer noch junge Luftfahrt, die sich uns heute in der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung, Ila 1928, vorstellt, nicht nach ihrem Stand, sondern nach ihren Zielen. Denn bei einem technischen Gebiet, das wie die Fliegerei mit Motor noch kein Vierteljahrhundert hinter sich hat, spiegelt sich in dem, was ist, neben den unvermeidlichen, uns nur meist nicht auffallenden Resten des Gewesenen das, was sein soll.

Das gilt vor allem für die deutsche Luftfahrt, deren Industrie es heute, nach neunzehn Jahren erst tastender Vorarbeit, dann heißen Ringens, endlich furchtbaren Zusammenbruchs und nun wieder planmäßigen Aufbaues, zum erstenmal seit der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung 1909, Frankfurt a. M., wieder wagt, sich im eigenen Lande neben die Erzeugnisse der ausländischen Mitbewerber zu stellen. Nicht daß sie glauben dürfte, ihr schon ebenbürtig zu sein: wenn auch deutsche Flieger und deutsche Flugzeuge, meist mit deutschen Motoren, unter allen Ländern die größte Zahl von Weltrekorden erzielt haben, so wissen wir doch, daß unsere Luftfahrtindustrie neben der der übrigen Welt, die zumeist in günstigerer Wirtschaftslage ist und dank der Reihenaufträge eifrig rüstender Militärverwaltungen auf breiterer Geschäftsgrundlage arbeiten kann, einen schweren Stand hat.

Deutschland darf ja immer noch keine Militärluftfahrt haben; sie wurde ihm in Versailles verboten — als Ausgangspunkt einer allgemeinen Abrüstung, die gerade auf diesem Gebiet angesichts der Fruchtbarkeit des Luftkrieges gegen Nichtkämpfer und Wehrlose an sich erwünscht wäre, aber bisher noch nicht einmal auf dem Papier gelungen ist. Darüber hinaus mußte Deutschland, um von den schwersten Hemmungen seiner Zivilluftfahrt frei zu kommen, Beschränkungen auch für das Sportfliegen auf sich nehmen. Im besetzten Gebiet ist der Luftverkehr noch immer an Einfluggenehmigungen gebunden, derart, daß z. B. ein Bedarfsflug nach Paris mit geringen Förmlichkeiten jederzeit möglich ist, ein solcher nach Mainz aber längere Zeit vorher angemeldet werden müßte. Hier tritt also eine wesentliche, auch für die Entwicklungsfähigkeit unserer Industrie lebenswichtige Aufgabe zutage: die Gleichberechtigung der deutschen Luftfahrt.

Die erzwungene Einseitigkeit, die bewußte Beschränkung auf das Zivilgebiet, hat nun, wenn auch erkauft durch vielfache Anstrengung und große Opfer, den deutschen Luftverkehr auf eine Höhe gebracht, die in andern Ländern den Wunsch nach rascher Entwicklung dieses Wirtschaftszweiges und nach dem Anschluß an unser Streckennetz erweckt hat. So hat Deutschland auf der Grundlage der Gegenseitigkeit und Gemeinschaftsarbeit einer Reihe unserer Nachbarn und andrer europäischer Staaten die Hand zur Zusammenarbeit reichen können. Dadurch wachsen die Luftlinien über die Ländergrenzen hinaus; erst so erscheint das Flugzeug in der rechten wirtschaftlichen Bedeutung als Schnellverkehrsmittel mit erheblicher Zeitersparnis. Und damit gewinnt es auch als politisches Instrument ein andres, freundlicheres Gesicht. Vielleicht spielt das Verkehrsflugzeug in Zukunft zwischen den Völkern eine größere Rolle als die Luftwaffe; vielleicht führt die Verbindung über weite Strecken, die Verflechtung der Wirtschaftsbelange über die Grenzen hinweg zu einer wirksameren Ächtung zukünftiger Kriege, als alle Liquidationen vergangener Fehden. Und das ist die zweite Aufgabe der Luftfahrt.

Ungleich schwerer lassen sich die Aufgaben auf technischem Gebiet umreißen. Denn hier haben wir auf der einen Seite eine Fülle neuer, unausgereifter Ideen, die die Öffentlichkeit lebhaft beschäftigen, auf der andern Seite eine stetige Weiterentwicklung, so stetig, daß trotz der beständig steigenden Höchstleistungen die Frage beliebt ist: Was hat die Flugtechnik eigentlich seit dem Kriege Neues geschaffen? Ich pflege darauf zu antworten: „die Ruder sind größer geworden“, und bin damit schon in einem wichtigen Teil einer technischen Hauptaufgabe, der Sicherheit. Der Laie denkt dabei sogleich an dickere Bauteile, und so fordert denn die Tagespresse nach jedem Flugunfall, daß irgendwelche Kurbelwellen oder Streben verstärkt werden müßten. Der Ingenieur weiß, daß gerade dadurch beim heutigen Schnellläuferbetrieb die Schwingungsfestigkeit unter Umständen leiden kann, und der Flugfachmann fügt hinzu, daß eine Vergrößerung der Baufestigkeit unter Gewichtsopfern im gleichen Maße die Flugfähigkeit vermindert, und daß diese nach den bisherigen Unfallerfahrungen weitaus häufiger gefährdet ist.

Durch die als Beispiel erwähnten größeren Flächen der Höhen-, Seiten- und Querruder, sowie durch andre strömungstechnische Maßnahmen, wie Hilfsflügel[1]) mit Schlitz, durch Weiterentwicklung der Motoren im Hin-

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 645.

blick auf Betriebsicherheit und nicht zuletzt durch die Verbreitung fliegerischen Wissens und Könnens in weitesten Kreisen, die eine sorgfältige, gründliche Durchbildung der Berufsflieger massenpsychologisch vorbereitet, — wie wir beim Kraftwagenführer in so auffallendem Maße beobachten können, daß die Volkstümlichkeit des Berufs die Ausbildung erleichtert und die Ausübung vervollkommnet — durch diese und viele andre Mittel ist die Flugsicherheit stetig zu steigern.

Die Baufestigkeit ist nicht nur eine Aufgabe der Rechnung und Gestaltung, sondern auch der Überwachung beim Bau und Betrieb. Eine grundsätzliche, heute noch umstürzlerisch anmutende Frage wird man sich freilich angesichts einiger Flugunfälle vorlegen müssen, bei denen in der Luft ein Flügel brach, weil gerade an einem hochbeanspruchten Teil ein bisher nicht beobachtetes Versagen, oder ganz zufällig eine Beschädigung durch umherfliegende Bruchstücke des Triebwerks auftrat: werden auf die Dauer alle Kräfte durch einzelne Punkte geleitet werden dürfen, oder muß man die lebenswichtigen Bauteile auslösen und die Hauptkräfte unterteilen, wonach man gerade im deutschen Flugzeugbau seit Jahren strebt. Wir möchten die Frage in diesem Geleitwort nur zur Erörterung aufwerfen, keineswegs lösen.

Noch weitere schwierige Aufgaben stellt die *Betriebsicherheit*: Vergaserbrände und die Entzündung des Brennstoffes an heißen Triebwerkteilen nach harten Landungen haben manches Menschenleben gekostet. Schwer entzündliche Betriebstoffe, die möglichst ohne Berührung mit Luft geführt werden, Übergang zu stetigen Verbrennungsverfahren in umlaufenden oder einfach rückstoßenden Triebwerken sind Aufgaben, deren Verwirklichung trotz aussichtsreicher Ansätze vielleicht noch länger auf sich warten lassen wird. Das Vermeiden von Fehlstarts durch Hilfsschleudern oder Raketen, die vor allem das Wasserflugzeug über den kritischen Augenblick vor dem Abheben hinwegbringen, das Erleichtern der Landung auch auf unvorbereiteten Plätzen durch Maßnahmen, die die Schwebegeschwindigkeit vermindern, das Ausschweben abkürzen und die Rollstrecke verkleinern, — das sind Forderungen, die auch ohne Zusammenhang mit der Geschwindigkeitssteigerung erörtert werden müssen.

Die Unabhängigkeit vom *Wetter*, von der Tages- und Jahreszeit, die im Luftverkehr angestrebt wird, bedingt eine Sicherung durch vervollkommnete Wettervorhersage und — vorläufig fast noch Utopie — *Wetterbeeinflussung*, z. B. Entnebelung von Flugplätzen zum Zweck des Landens, das ohne Sicht des Bodens und etwaiger Hindernisse auch mit noch so guten Funkleuchttürmen oder Lotsenkabeln, akustischen Loten oder gar irgendwelchen Hindernisfühlern stets gewagt ist. Für das Fliegen selbst in Nacht und Nebel sind die funktechnischen Hilfsmittel weiter auszubauen. Die Meßgeräte für diesen Zweck, die entweder einen künstlichen Horizont oder ungewollte Kursänderungen anzeigen, müßten zu einem sinnfälligen und sehr genauen Nebelfluggerät vereinigt werden. Zu den *Rettungsgeräten* sei die Aufgabe erwähnt, das ganze Flugzeug in der Luft mittels Fallschirme zu fangen.

Wir haben unter den Aufgaben zur Steigerung der Sicherheit bewußt solche Beispiele in den Vordergrund gestellt, die zugleich die zweite Hauptforderung, die *Wirtschaftlichkeit*, befriedigen. Vom Standpunkt der Gestaltung aus stehen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Widerspruch, für den kaufmännischen Betrieb ist die eine die Stütze der andern. Denn die Aufwendungen für Bau- und Flugsicherheit machen sich, wie überall in der Verkehrstechnik, bezahlt durch kleine Unfallhäufigkeit, also verminderte Versicherungsbeiträge, erhöhte Ausnutzung und verbesserte Wirtschaftlichkeit. Mit einer solchen rechnet man freilich im Luftverkehr, von wenigen Ausnahmen abgesehen, noch keineswegs: man bedenke, daß bei vollbesetztem Flugzeug allein an Ausgaben für Brenn- und Schmierstoff auf jeden Fluggast soviel entfällt, wie einer Fahrkarte zweiter Klasse nach dem bisherigen Tarif für die betreffende Strecke entspricht. Da im Durchschnitt nur die Hälfte der angebotenen Plätze benutzt wird, so stellt sich der Aufwand, alles in allem, derart, daß der Fluggast den Gegenwert von zwei bis drei solchen Fahrkarten, die öffentliche Hand aber noch etwa weitere sieben hinzugeben muß. Dies Mißverhältnis ist heute noch erträglich, solange der Luftverkehr Hauptträger eines jungen Zweiges der Technik ist. Auf die Dauer müssen die Betriebskosten wesentlich herabgesetzt werden: die Sparsamkeit der Motoren macht dabei, wie wir sehen, nicht gar so viel aus; sie wirkt jedoch auf größere Nutzlast hin, ebenso wie ein leichteres Triebwerk. Dagegen ist die *Lebensdauer* von Flugzeug und Motor eine wichtige Forderung. Steigerung der Sicherheit und Regelmäßigkeit, insbesondere der Unabhängigkeit vom Wetter, auf 100 vH würde die Benutzung und damit die Wirtschaftlichkeit sehr steigen lassen.

Dann wären die Fluggäste auch geneigt, *höhere Preise* zu zahlen — das wichtigste Hilfsmittel gegen öffentliche Beihilfen —, vor allem wenn ihnen die Länge der Strecke und die Eigengeschwindigkeit der Flugzeuge, trotz entlegener Flughäfen und trotz täglich nur einmaligen Verkehrs, eine wesentliche Zeitersparnis verbürgt. *Schnelle Flugzeuge*, die auch Unabhängigkeit vom verzögernden Gegenwind bedeuten, stellen der Technik eine besonders schwere Aufgabe, weil z. B. doppelte Geschwindigkeit zwar nicht, wie bei allen andern Verkehrsmitteln, achtfache Motorleistung und vierfachen Brennstoffvorrat für eine gegebene Strecke bedingt, aber immerhin bei fast ungeändertem Brennstoffbedarf einen mehr als doppelt so starken und etwa doppelt so schweren Motor bedingt, auf Kosten der Nutzlast. Dazu kommt die Frage, wie man die Landegeschwindigkeit trotzdem klein halten kann. Einen Ausweg liefert das *Höhenflugzeug*, bei dem die Geschwindigkeitsspanne wesentlich günstiger ist, wenn es erst in Luftschichten reisen kann, in die wir auch mit unseren heutigen Höhenmotoren noch nicht haben vordringen können, und wenn es sich oben eines leichten Zusatzmotors bedienen kann, wie er in den *Rückstoßern* oft geplant, aber noch nicht befriedigend verwirklicht ist.

Ein drittes Mittel, von den Beihilfen loszukommen, bildet die Beförderung von *Fracht*, vor allem von wertvollen oder leicht verderblichen Waren — dazu gehören auch Zeitungen! — und besonders von eiligen *Postsendungen*. Eine einfache Rechnung zeigt, daß ein vollbeladenes Postflugzeug schon bei dem geringen Luftpostzuschlag von 10 ₰, den die Reichspost erhebt, Dividenden abwerfen könnte. Eine Vorbedingung für regen Fracht- und Postverkehr ist das Vorhandensein geeigneter Sonderflugzeuge.

Aber auch für die Werbung von Fluggästen ist die *Unterbringung* höchst wichtig: unsere Kabinen tragen zum Teil noch das Gepräge des mit Flügeln versehenen Eisenbahnabteils; Lüftung des oft unbehaglich riechenden Raumes ist beispielsweise vielfach nur durch die Schiebefenster möglich, die Zugluft und Auspufflärm einlassen und schwer abzudichten sind. Wenn es noch nicht gelingt, den Schall der Motoren und Luftschrauben wirksam zu dämpfen, was für viele Flughäfen eine Lebensfrage werden wird, so sollte man die Nerven der Reisenden durch feste Doppelfenster davor zu schützen und im übrigen für Umlauf frischer Luft, für Aussicht nach unten und andre Unterhaltung Sorge tragen. Dann wird auch die Luftkrankheit ausbleiben, vor allem, wenn es gelingt, sehr große Flugzeuge wirtschaftlich zu bauen.

In bezug auf Bequemlichkeit für die Reisenden und den Verkehr auf solchen Strecken, auf denen der Wettbewerb mit Schiffen in Frage kommt, wird das *Luftschiff* versuchen, dem Flugzeug den Rang streitig zu machen. Das Starrluftschiff LZ 127 „Graf Zeppelin“[2]) kommt gerade zur rechten Zeit aus der Halle, um auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung 1928 am Wettbewerb teilzunehmen. [B 2043]

[2]) s. Z. Nr. 39 v. 29. September 1928 S. 1370.

Gegenwartsfragen der Aerodynamik

Von Dr. H. Blenk, Berlin-Adlershof

Gegenseitige Beeinflussung der Einzelteile am Flugzeug; die Untersuchung dieser wichtigen Fragen dient sowohl der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit (Flugleistungen) als auch der Sicherheit (Stabilität). — Strömungen bei Überschallgeschwindigkeit mit Rücksicht auf Luftschrauben; die Lösung dieser Aufgaben ist, abgesehen von der rein wissenschaftlichen Bedeutung, besonders vom wirtschaftlichen Standpunkt aus wichtig. — Schwingungsfragen und ihre Bedeutung für die Sicherheit der Luftfahrzeuge.

Die Aerodynamik als die Lehre von den Bewegungen der Luft und den Kräften, die dabei auftreten, ist ohne Zweifel die grundlegende Wissenschaft für die uftfahrt. Zur Aerodynamik im weiteren Sinne (als Meanik der gasförmigen Körper) muß man sowohl Akuik, Meteorologie und Gasdynamik als auch die klassische ydrodynamik und die neuzeitliche Strömungslehre rechen. Es ist aber vielfach üblich geworden, mit Aerodynaik nur die Teile aus dem großen Gebiete der Mechanik er gasförmigen Körper zu bezeichnen, die unmittelbar als rundlage für die Luftfahrt und einige verwandte Gebiete er Technik (Turbinentheorie und ähnliche) dienen. lles, was hierher gehört, kann man als Aerodynamik im ngeren Sinn zusammenfassen.

Da das vorliegende Heft der Zeitschrift des Vereines eutscher Ingenieure der Luftfahrt besonders gewidmet ist, rscheint es gerechtfertigt, wenn ich mich in diesem Aufatz auf das Gebiet der Luftfahrt-Aerodynamik beschränke. s wäre auch wohl unmöglich, die vielen verschiedenen ufgaben der gesamten Aerodynamik in einem kleinen ufsatz zu berühren. Selbst in dem kleineren Gebiet der uftfahrt-Aerodynamik fällt es schwer, alle zur Zeit schweenden Fragen auch nur anzudeuten. Deshalb sollen nur inige größere Aufgaben, an deren Lösung schon gearbeitet orden ist und noch gearbeitet werden muß, willkürlich erausgegriffen und etwas ausführlicher behandelt erden[1]).

Vom praktischen Standpunkt kann man die Aufgaben er Luftfahrt-Aerodynamik wie überhaupt der gesamten uftfahrt-Wissenschaft etwa folgendermaßen kurz zusamenfassen: Verbesserung der Sicherheit und der Wirthaftlichkeit der Luftfahrzeuge. Diese Forderungen stehen ueinander aber sehr oft im Widerspruch.

egenseitige Beeinflussung der Einzelteile am Flugzeug

Die Vorausberechnung der Flugleistungen und der Stailitätsverhältnisse eines neuen Flugzeugs beim Entwurf ützt sich entweder auf einen Windkanalversuch mit einem ntsprechenden Flugzeugmodell oder auf eine große Zahl on Einzelmessungen an Flugzeugteilen (Flügel, Rumpf, eitwerk usw.). Im ersteren Falle muß jeweils eine neue odellmessung ausgeführt werden. Für den zweiten Fall egen die erforderlichen Messungen in den Veröffentlichunen der aerodynamischen Versuchsanstalten mehr oder eniger vollständig bereits vor. Daher kommt es, daß er zweite Fall häufiger ist als der erste.

In beiden Fällen bringt die Übertragung der Ergebisse von Modellmessungen auf die große Ausführung eine ewisse Unsicherheit in die Berechnung. Die Reynoldsche Zahl[2]) beträgt im Modellversuch etwa $^1/_{10}$ derjenigen n großen; man weiß, daß dieser Unterschied für die bertragung nicht bedeutungslos ist. Man kennt auch den influß der Reynoldsschen Zahl in vielen Einzelfällen, die enau gemessen sind. Trotzdem ist man heute noch nicht weit, daß man diesen Einfluß in einem gegebenen Falle orausberechnen könnte. Bei der Herstellung der Flugeugmodelle für den Windkanalversuch nimmt man allerngs insofern Rücksicht auf den Einfluß der Reynoldshen Zahl, als man alle ganz kleinen Teile am Flugzeug, ie Türgriffe u. a., nicht ausführt. Man weiß nämlich, aß diese kleinen Teile den Widerstand des Modells verältnismäßig sehr viel mehr vergrößern als den Widerand des großen Flugzeuges. Bei der Übertragung der

Abb. 1
Zur gegenseitigen Beeinflussung der Flügel eines Doppeldeckers: Strömung um Flügel 1 bei mittleren Anstellwinkeln. An der Stelle des gestrichelten Flügels 2 ist die Strömung durch Flügel 1 gestört.

Versuchsergebnisse auf die große Ausführung schätzt man dann den Widerstand der im Modell fortgelassenen kleinen Teile ab, oder man verzichtet auch auf diese Abschätzung, indem man damit rechnet, daß sich dieser kleine Widerstand gegen die Widerstandverminderung des ganzen Flugzeuges gegenüber dem Modell (infolge der größeren Reynoldsschen Zahl) gerade aufhebt.

Diese Schwierigkeiten bei der Benutzung von Modellversuchsergebnissen, auf die ich hier nicht weiter eingehen will, gelten für beide der oben angegebenen Fälle. Im zweiten Falle kommt aber noch eine weitere Schwierigkeit dazu, die sich auf die Addition der Ergebnisse der Einzelmessungen bezieht.

Ist z. B. W_1 der Widerstand eines Körpers und W_2 der Widerstand eines anderen Körpers (jeder einzeln gemessen), so ist der Widerstand beider Körper zusammen im allgemeinen nicht $W_1 + W_2$, sondern hängt von der Lage der beiden Körper zueinander und der dadurch bedingten gegenseitigen Beeinflussung der Strömungsverhältnisse ab. Ebenso ist bei einem Doppeldecker der Gesamtauftrieb nicht gleich der Summe der einzeln gemessenen Auftriebe des Ober- und Unterflügels. Abb. 1 zeigt schematisch die Strömung um einen einzelnen Tragflügel bei mittleren Anstellwinkeln. Fügt man an der punktierten Stelle einen zweiten Flügel dazu, so erscheint es nunmehr selbstverständlich, daß der zweite Flügel nicht den gleichen Auftrieb haben kann wie in einer ungestörten Strömung (ohne Flügel 1). Flügel 2 liegt an einer Stelle, wo die Strömung durch Flügel 1 verlangsamt und abwärts gerichtet ist. Beides führt zu Auftriebverminderung für Flügel 2. Nun beeinflußt Flügel 2 aber auch die Strömung an der Stelle des Flügels 1; und zwar liegt Flügel 1 an einer Stelle, wo die Strömung durch Flügel 2 beschleunigt wird und aufwärts gerichtet ist. Beides führt zu einer Auftriebvermehrung für Flügel 1. Die Auftriebvermehrung des Flügels 1 und die Auftriebverminderung des Flügels 2 gleichen sich im allgemeinen nicht aus.

Für die gegenseitige Beeinflussung der Flügel eines Doppeldeckers sind Berechnungsverfahren bekannt, deren Genauigkeit für die Praxis befriedigend ist.

Ähnlich verhält es sich bei normalen Flugzeugen auch mit der Beeinflussung des Höhenleitwerks durch den Tragflügel. Die Beeinflussung des Flügels durch das Leitwerk ist dabei vernachlässigbar klein, da das Leitwerk nur etwa $^1/_{10}$ der Flügelfläche umfaßt und hinter dem Flügel liegt. Bei der Entenkonstruktion, bei der das Höhenleitwerk vor

[1]) Da der geringe zur Verfügung stehende Raum nicht genügt, die rschiedenen Fragen in ausführlicher Breite zu behandeln, ist am Schlusse des Abschnittes ein Literaturverzeichnis angefügt, in dem auf wichtige, sonders neuere Arbeiten hingewiesen wird. Auf Vollständigkeit macht eses Verzeichnis jedoch keinen Anspruch.

[2]) Reynoldssche Zahl $R = \frac{v\,l}{\nu}$, v = Geschwindigkeit, l = Länge, $\nu = \frac{\mu}{\varrho}$ = kinematische Zähigkeit, μ = Zähigkeitsbeizahl, ϱ = Dichte.

dem Flügel angeordnet ist, beeinflußt das Höhenleitwerk natürlich auch das dahinter gelegene mittlere Flügelstück in einem Betrage, der nicht vernachlässigt werden kann.

Der Auftrieb des Flügels kommt so zustande, daß durch den Flügel dauernd eine bestimmte Luftmenge nach abwärts beschleunigt wird, vergl. a. Abb. 1. Auf diese Weise entsteht hinter dem Tragflügel ein sogenannter Abwind, der die Wirkung des Leitwerks beträchtlich beeinflußt. Der Abwind verkleinert den wirksamen Anstellwinkel des Höhenleitwerks um einen Betrag, der proportional dem Anstellwinkel des Flügels (von Nullauftrieb an gerechnet) ist; denn der Abwind ist verhältnisgleich dem Auftrieb am Flügel. Die Wirkung des Abwindes entspricht also einer scheinbaren Verkleinerung des Höhenleitwerks. Damit ist die Bedeutung des Abwindes für die Längsstabilität eines Flugzeuges offensichtlich.

Zur Berechnung des Abwindes hinter einem Tragflügel bedarf es einer Annahme für die Verteilung des Auftriebes über die Flügelspannweite. Von dieser Annahme hängt der Wert des Abwindes beträchtlich ab. Bei elliptischer Auftriebverteilung über die Spannweite ist der Abwind in großer Entfernung hinter dem Tragflügel z. B. doppelt so groß wie bei rechteckiger Verteilung. Die Auftriebverteilung bei wirklichen Flügeln liegt im allgemeinen zwischen diesen beiden Verteilungen, Abb. 2, und ändert sich überdies mit dem Anstellwinkel; bei kleinen Anstellwinkeln ist die Auftriebverteilung nahezu elliptisch, bei großen nähert sie sich mehr der rechteckigen Verteilung. Bei kleinen Anstellwinkeln (d. h. kleinen Auftriebbeiwerten) kann man daher die unter der Annahme elliptischer Auftriebverteilung gewonnenen Formeln benutzen, wenigstens zur Abschätzung der oberen Grenze des Abwindes. Bei großen Auftriebbeiwerten kommt jedoch noch eine weitere Schwierigkeit dazu. Die Prandtlsche Tragflügeltheorie, die bei allen derartigen Rechnungen zugrunde liegt, gilt genau nur bei verschwindend kleinem Auftrieb. Die Eigenbewegung des Wirbelpaares, das sich bei rechteckiger Auftriebverteilung von den Flügelenden löst, wird daher von der Theorie nicht erfaßt. Diese Bewegung spielt aber bei größeren Auftriebbeiwerten schon eine bedeutende Rolle für den Abwind am Leitwerk. Durch eine besondere Rechnung konnten auch diese Einflüsse bestimmt werden. Die wenigen Versuchsergebnisse, die bisher vorliegen, scheinen mit den so ermittelten Formeln in guter Übereinstimmung zu stehen. Zur endgültigen Klärung der Abwindfragen sind jedoch weitere ausführliche Modellversuche erforderlich.

Eine andre wichtige Frage ist: Wie beeinflußt der Rumpf die Luftkräfte am Tragflügel? Der Rumpf unterbricht im allgemeinen den Tragflügel in der Mitte. Wenn der Rumpf dabei nicht den Auftrieb des von ihm verdrängten Flügelstückes selbst liefert, muß eine Vermehrung des induzierten Widerstandes und ein Abfallen des Auftriebhöchstwertes die Folge sein. Durch richtige Auswahl des Rumpfes und seiner Anordnung zum Flügel kann man die schädliche Wirkung des Rumpfes auf den Flügel auf ein Kleinstmaß beschränken. Im allgemeinen ist in dieser Hinsicht der Hochdecker dem Tiefdecker überlegen; bei der Hochdecker-Anordnung bleibt nämlich die wichtigere Strömung auf der Saugseite des Flügels ungestört. Sehr wichtig ist jedoch auch die Rücklage des Flügels hinter der Rumpfspitze und die Ausbildung des Übergangsstückes vom Flügel zum Rumpf. Nur durch eingehende Modellversuche im Windkanal wird in diesen Fragen Klarheit geschaffen werden können. Dabei kann sich ergeben, daß eine bestimmte Verbindung zwischen einem gegebenen Rumpf und einem gegebenen Tragflügel für den kleinsten Widerstand am günstigsten ist, während eine andre Verbindung desselben Rumpfes mit demselben Tragflügel den höchsten Auftrieb liefert. Der Verwendungszweck des Flugzeuges muß dann entscheiden, ob Kleinstwiderstand oder Größtauftrieb oder beste Gleitzahl usw. am wichtigsten ist und welche Anordnung man vorzuziehen hat.

Wichtiger als die Beeinflussung der eigentlichen Flugzeugteile untereinander ist jedoch die gegenseitige Beeinflussung des ganzen Flugzeuges und der Luftschraube aufeinander. Die Luftschraube hat die Aufgabe, das Flugzeug durch die Luft zu bewegen. Sie löst diese Aufgabe, indem sie eine entsprechende Menge Luft nach hinten schleudert. Die Bewegung des Flugzeuges nach vorn ist die Rückwirkung der nach hinten geschleuderten Luft. Hinter der Luftschraube bildet sich dabei ein sogenannter Schraubenstrahl von ungefähr dem Luftschraubenquerschnitt, der sich mit mehr als Fluggeschwindigkeit bewegt. Bei vielen Flugzeugen liegen große Teile wie Rumpf, Leitwerk usw. in diesem Schraubenstrahl. Die Folge davon ist, daß diese Teile einen erhöhten Widerstand liefern. Umgekehrt liegt aber auch die Schraube in einem Strömungsgebiet, das durch das Flugzeug mehr oder weniger beeinflußt ist. Bei einem normalen Flugzeug z. B. befindet sich die Luftschraube an der Spitze des Rumpfes und muß hier in einem Gebiet verminderter Geschwindigkeit arbeiten. Dabei spielt auch die Höhenlage des Flügels im Verhältnis zur Schraubenachse eine bedeutende Rolle.

Abb. 2
Lastverteilung über die Spannweite eines rechteckigen Flügels bei einem mittleren Profil für verschiedene Anstellwinkel. Die Ordinaten geben das Verhältnis des mittleren Normaldruckes über der Flügeltiefe zum Staudruck an. (Nach National Adv. Comm. f. Aeron. Bericht 150.)

Für die Beurteilung einer Schraube am Flugzeug reicht demnach eine Untersuchung der alleinfahrenden Schraube nicht aus. Wenn es möglich wäre, die Luftschraube auf einer Welle so weit vor oder hinter dem Flugzeug anzuordnen, daß keine Beeinflussung von Flugzeug und Schraube aufeinander mehr stattfinden könnte, dann genügte es, in einem gegebenen Fall auf Grund von reinen Schraubenuntersuchungen die beste Schraube auszusuchen. Die Verbindung zwischen Flugzeug und Luftschraube ist aber immer recht eng und die Beeinflussung aufeinander infolgedessen bedeutend. Am Flugzeug hat eine gegebene Schraube einen andern Wirkungsgrad als in freier Fahrt; der Schraubenstrahl erhöht den Widerstand der in ihm gelegenen Teile, er erhöht oder vermindert den Auftrieb des von ihm überstrichenen Flügelstückes. Die guten Startleistungen der Junkers-Verkehrsflugzeuge sind z. B. darauf zurückzuführen, daß infolge der Anordnung der Luftschrauben im Verhältnis zum Flügel eine Auftrieberhöhung des im Schraubenstrahl gelegenen Flügelstückes erreicht wird. Man sieht, daß die Güte einer Luftschraube am Tragflügel nicht mehr durch den Wirkungsgrad allein bestimmt ist. Es besteht die Möglichkeit, einen allgemeineren Begriff des Wirkungsgrades einer Luftschraube unter Berücksichtigung der Auftrieb- und der Widerstandänderungen am Flugzeug abzuleiten; die bisher gemachten Vorschläge befriedigen aber noch nicht, da die Anschaulichkeit des Wirkungsgradbegriffes dabei nicht beibehalten wird und wahrscheinlich auch nicht beibehalten werden kann.

Experimentelle Untersuchungen der Beeinflussung von Luftschraube und Flugzeug, besonders Tragflügel, aufeinander sind bereits ausgeführt worden. Viele Einzelfragen sind jedoch noch zu klären. Im allgemeinen zeigt es sich, daß die Anordnung der Luftschraube oberhalb des Tragflügels, sowohl als Zugschraube vor dem Flügel als auch als Druckschraube hinter dem Flügel, günstiger als die entgegengesetzte Anordnung ist. Die Ausnutzung dieser Erkenntnis führt im allgemeinen zum Tiefdecker, während man bei Berücksichtigung des Rumpfeinflusses auf die Flügel den Hochdecker vorziehen müßte. Die verschiedenen Forderungen, immer die günstigsten Verhältnisse auszuwählen, liegen miteinander oft im Widerspruch und lassen sich nicht gleichzeitig erfüllen.

ı einigen Fällen, namentlich bei größeren Flugzeugen, ꞉i denen man sich größere Abweichungen vom üblichen ufbau erlauben kann, lassen sich auch beide Forderungen Hochdecker mit Luftschraube über dem Flügel) vernigen, vergl. z. B. die Rohrbach-Flugboote, Abb. 3.

RZ 19553Z3

Abb. 3
Skizze eines Rohrbach-Flugbootes (Hochdecker mit Luftschraube über dem Flügel).

Der Einfluß der Luftschraube auf das Flugzeug äußert ich noch in einer andern Weise. Der Schraubentrahl streicht bei der üblichen Anordnung auch über das ꞉eitwerk. Während man sonst alle Teile möglichst aus em Schraubenstrahl herausbringen möchte, gilt das für as Leitwerk nicht. Bei Beginn des Abrollens, wenn der 'ahrtwind noch ganz gering ist, wird es sehr angenehm mpfunden, daß der Schraubenstrahl mit seiner größeren Geschwindigkeit das Leitwerk trifft und mit dem Leitwerk eträchtliche Kräfte auszuüben gestattet. Im Motorflug vird durch den größeren Staudruck am Leitwerk die Staıilität des Flugzeugs gegenüber dem Gleitflug erhöht und eine Lastigkeit geändert. Der Schraubenstrahl bedingt ber nicht nur einen größeren Staudruck am Leitwerk, ondern auch eine Änderung der Abwindverhältnisse innerıalb des von ihm überdeckten Flügelteiles. Dazu kommt och die Drehung im Schraubenstrahl, die z. B. eine ungleiche Wirkung auf die rechte und die linke Hälfte des Höhenleitwerks erwarten läßt. Das verwickelte Zusamnenwirken aller dieser Erscheinungen macht es verständich, daß diese Fragen noch weit von einer endgültigen Lösung entfernt sind. Eine Lösung dieser Aufgaben ist ber dringend erwünscht, da sonst fast bei jedem neuen Flugzeug viele umständliche Flugversuche erforderlich ind, bis das Flugzeug die gewünschten Stabilitäts- und Lastigkeitsforderungen erfüllt. Im allgemeinen verlangt nan heute, daß ein Flugzeug mit festgehaltenen und losgelassenen Rudern um alle Achsen stabil ist. Bezüglich ler Längsstabilität wird außerdem gefordert, daß das Flugeug mit losgelassenem Höhenruder einen flachen Gleitlug ausführt, wenn der Motor ausfällt, daß es geradeaus liegt, wenn der Motor mit etwa 75 vH seiner Volleistung Reiseflug) läuft, und daß es steigt, wenn der Motor mit Vollgas arbeitet. Diese Forderungen lassen sich erfüllen, vie an ausgeführten Flugzeugen nachgewiesen ist. Die Vege, wie das Ziel zu erreichen ist, sind jedoch noch ıicht allgemein aufgedeckt.

Literatur:

.. Prandtl, C. Wieselsberger und A. Betz, Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen (R. Oldenbourg, München), 1. Lieferung (1921) S. 112 und 118; 2. Lieferung (1923) S. 9, 35 und 41; 3. Lieferung (1927) S. 9, 115 und 118.
. Fuchs und L. Hopf, Aerodynamik, Berlin 1922, S. 124 und 324.
. Eck, Neuartige Berechnung der aerodynamischen Eigenschaften eines Doppeldeckers, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 16 (1925) S. 183.
. B. Helmboldt, Über die Berechnung des Abwindes hinter einem rechteckigen Tragflügel, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 16 (1925) S. 291.
. B. Helmboldt, Eine Näherungsformel für Abwindrechnungen am Eindecker, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 18 (1927) S. 11.
. Seiferth, Die gegenseitige Beeinflussung zwischen Tragflügel und Propeller, Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt 1926, S. 108.
Lennertz, Beitrag zur theoretischen Behandlung des gegenseitigen Einflusses von Tragfläche und Rumpf, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 18 (1927) S. 11 und Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 249.
. Betz, Propellerfragen, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 431.
. Betz, Der Wirkungsgradbegriff beim Propeller, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 171.
. B. Helmboldt, Nachstromschrauben, „Werft-Reederei-Hafen" Bd. 8 (1927), S. 528.
. B. Helmboldt, Über den Vortriebs-Wirkungsgrad, „Werft-Reederei-Hafen" Bd. 9 (1928) Nr. 8 S. 151.
. Petersohn, Über den Einfluß ungleichförmiger Zuströmung bei Schraubenpropellern, „Werft-Reederei-Hafen" Bd. 9 (1928), Nr. 10 S. 193.
. Bock, Über die Einheit von Triebwerk und Flugwerk, Vortrag auf der Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt, Danzig, Juni 1928.
. Muttray, Untersuchungen über die Beeinflussung des Tragflügels eines Tiefdeckers durch den Rumpf, „Luftfahrtforschung" Bd. 2 (1928) S. 33.
h. Troller, Zur Berücksichtigung des Rumpfes beim Luftschraubenentwurf, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) Nr. 14 S. 325.

Luftschiff

Geschoß

RZ 19532 4

Abb. 4
Bei kleinen Geschwindigkeiten (im Verhältnis zur Schallgeschwindigkeit) hat das moderne Luftschiff ungefähr die Form kleinsten Widerstandes. Bei Überschallgeschwindigkeiten erweist sich die Geschoßform als günstiger.

Über- und Unterschallgeschwindigkeit
(im Hinblick auf die Luftschrauben)

Im vorigen Abschnitt haben wir bereits gesagt, daß für freifahrende Luftschrauben einfache und praktisch ausreichende Verfahren vorhanden sind, durch deren Anwendung beim Entwurf man mit ziemlicher Sicherheit auf brauchbare und den Absichten entsprechende Luftschrauben rechnen kann. In der Praxis hat man es aber kaum einmal mit einer freifahrenden Schraube zu tun. Durch die in der Nähe liegenden Fahrzeugteile wird die Strömung an der Schraube geändert. Für die Berücksichtigung dieser Verhältnisse liegen erst wenige Ansätze vor.

Dabei gelten alle bisher angestellten Überlegungen aber nur für Luftschrauben, deren Umfangsgeschwindigkeit auch bei höchster Drehzahl so klein bleibt, daß die Zusammendrückbarkeit der Luft nicht berücksichtigt werden muß. Die Gasdynamik lehrt, daß diese Vernachlässigung berechtigt ist, solange die Geschwindigkeit klein gegen die Schallgeschwindigkeit des Mediums ist. Bei unsern heutigen Luftschrauben beträgt die größte Umfangsgeschwindigkeit im allgemeinen nicht mehr als etwa 250 m/s. Man vermeidet es, wenn irgend möglich, diesen Wert zu überschreiten, da die vorliegenden Erfahrungen zeigen, daß bei weiterer Vergrößerung der Umfangsgeschwindigkeit die Luftschrauben sich stärker verschlechtern, als die oben erwähnten Theorien lehren. Da man mit großen, langsam laufenden Luftschrauben ohnehin bessere Wirkungsgrade erreichen kann, als mit kleinen, schnellaufenden Schrauben, ist es vielfach vorteilhaft, den Motor mit Übersetzungsgetriebe ins langsame zu versehen und große Luftschrauben zu verwenden. Dabei wird die Umfangsgeschwindigkeit im allgemeinen kleiner werden.

Trotzdem sind praktische Fälle denkbar, in denen die Umfangsgeschwindigkeit einer Luftschraube über den Wert 250 m/s hinaus, ja sogar über die Schallgeschwindigkeit hinaus vergrößert werden muß. Wenn auch die bisherigen Erfahrungen lehren, daß damit eine von der einfachen Theorie nicht erwartete Verschlechterung der Luftschrauben verbunden ist, so braucht diese Erfahrung doch nicht einem allgemeinen Gesetze zu entsprechen, sondern sie kann durch eine zufällige Eigenschaft oder Eigentümlichkeit der üblichen Luftschrauben begründet sein. Die Aufgabe lautet jedenfalls, auch für Umfangsgeschwindigkeiten in der Nähe der Schallgeschwindigkeit gute Luftschrauben zu bauen. Von einer Theorie für solche Schrauben sind wir aber noch weit entfernt.

Die Tragflügeltheorie von Prandtl hat die Grundlagen für die heutige Luftschraubentheorie abgegeben. Ganz ähnlich muß man auch in dem vorliegenden Falle vorgehen und zunächst Tragflügel bei großen Geschwindigkeiten untersuchen. Man wird sogar noch einen Schritt zurückgehen und erst die Strömungsverhältnisse an beliebigen Körpern, etwa rotationssymmetrischen Körpern, bei Geschwindigkeiten in der Nähe und oberhalb der Schallgeschwindigkeit untersuchen. Auf diesem Gebiete liegen bereits eine Reihe Erfahrungen aus den Arbeiten der Ballistik vor.

Beim Überschreiten der Schallgeschwindigkeit ändert sich die Strömung um einen Körper grundsätzlich. Während in dem Gebiet der Unterschallgeschwindigkeiten die Elastizität des Mittels die Hauptrolle spielt, überwiegt in dem Gebiet der Überschallgeschwindigkeiten der Ein-

fluß der Massenträgheit. Dieser Unterschied ist nicht nur theoretisch bemerkenswert, sondern hat auch bedeutende praktische Folgerungen. Die neuzeitliche Luftschiffsform, vorne stumpf und hinten spitz, Abb. 4, stellt z. B. nur bei Unterschallgeschwindigkeiten die günstigste Widerstandform dar. In Strömungen mit Überschallgeschwindigkeit erweist sich ein Körper von der Form eines Geschosses, vorne spitz und hinten stumpf, als wesentlich günstiger als die Luftschifform. Dabei kommt es auf die Ausbildung des hinteren Endes nur wenig an, während bei Strömungen mit Unterschallgeschwindigkeit auf den glatten Abfluß der Strömung an der Hinterkante zur Vermeidung schädlicher Wirbelbildung größter Wert gelegt werden muß.

Für Strömungen mit Überschallgeschwindigkeit bezeichnend ist die Erscheinung, daß ein ganz bestimmter Teil des Strömungsfeldes vollständig ungestört bleibt. Jede kleine Störung, die sich ja nur mit der Schallgeschwindigkeit c fortpflanzen kann, kommt in der Strömung mit der Überschallgeschwindigkeit v nicht vorwärts; sie kann sich nur unter einem bestimmten Winkel, dem sogenannten Machschen Winkel, $\left(\sin \alpha = \frac{c}{v}\right.$, Abb. 5,$\left.\right)$ seitlich ausbreiten. Auf diese Weise entstehen die Machschen Wellen, die in vielen interessanten und schönen Aufnahmen besonders von C r a n z festgelegt sind.

Abb. 5
Machsche Wellen bei einem mit Überschallgeschwindigkeit v fliegenden Geschoß (Schallgeschwindigkeit $= c$).

Für den Aerodynamiker ergibt sich damit die Aufgabe, für diese Strömungsform die Größe der Luftkräfte (Auftrieb und Widerstand) an Tragflügeln zu bestimmen und die günstigsten Tragflügelformen zu suchen. An der Lösung dieser Aufgabe ist erst wenig gearbeitet worden. Auf theoretischem Wege ist das zweidimensionale Problem für gering belastete Tragflügel mit scharfer Vorderkante behandelt worden, allerdings nur unter Vernachlässigung der Reibung. Dabei ergibt sich trotz Fehlens des induzierten und des Reibungswiderstandes noch ein besonderer Widerstand, den man Wellenwiderstand nennen könnte. Aus dieser Tatsache allein kann man schon den Schluß ziehen, daß die Vergrößerung der Geschwindigkeit bis zur Schallgeschwindigkeit und darüber hinaus wahrscheinlich aerodynamisch nicht vorteilhaft sein wird. Dasselbe Ergebnis kann man auch den wenigen Versuchen entnehmen, die bisher zur Klärung dieser Verhältnisse ausgeführt worden sind.

Von besonderer Bedeutung ist die Frage, bis zu welchen Geschwindigkeiten unterhalb der Schallgeschwindigkeit ein merklicher Einfluß der Zusammendrückbarkeit vorhanden ist. Man kann hierzu (nach Prandtl) folgende einfache Überlegung anstellen: Man denke sich die Stromlinien um ein Tragflügelprofil (zweidimensionales Problem) bei Strömung ohne Zusammendrückbarkeit als feste Wände. Diese Wände erfahren dabei natürlich keinerlei Kräfte, da die Drücke (durch die Querschnitte zwischen den Wänden eindeutig bestimmt) sich gegen die Zentrifugalkräfte (infolge der Stromlinienkrümmung) aufheben. Läßt man jetzt zwischen diesen Wänden ein zusammendrückbares Mittel mit der Geschwindigkeit v (unterhalb der Schallgeschwindigkeit) hindurchströmen, dann bleibt das Gleichgewicht zwischen den Druckkräften und den Zentrifugalkräften nicht erhalten. Die Druckkräfte sind im Verhältnis zum Staudruck bei der kompressiblen Strömung nach H u g o n i o t um $\frac{1}{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$ größer als bei der inkompressiblen Strömung. Die Zentrifugalkräfte bleiben aber im gleichen Verhältnis zum Staudruck. Wenn die Krümmung der Stromlinien klein genug ist, kann man durch ein Zusammenziehen der Wände (einschließlich des Profils) in der Strömungsrichtung um den Faktor $\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$ das Gleichgewicht aber wieder herstellen und infolgedessen auch die Wände wieder fortlassen. Daraus ergibt sich dann eine Erhöhung der Auftriebsbeizahl eines flachen Flügelprofils um $\sqrt{\frac{1}{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$. Diese Angaben können natürlich für $v = c$ nicht mehr gelten. Wo der Gültigkeitsbereich praktisch aufhört, ist noch nicht bekannt. Die bisherigen Versuchsergebnisse ergeben überdies nur eine schwache Andeutung dieser Erscheinung. Abb. 6 bis 9 zeigen nach amerikanischen Messungen die Polaren (c_a über c_w) und die Momentenkurven (c_a über c_m) für ein dünnes und ein dickes Flügelprofil bei verschiedenen Verhältnissen der Windgeschwindigkeit v zur Schallgeschwindigkeit c.

Die Untersuchung von Strömungen zusammendrückbarer Mittel unterhalb und oberhalb der Schallgeschwindigkeit gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Aerodynamik. Zur Zeit sind erst wenige und unvollkommene Lösungsansätze vorhanden. Auf diesem schwierigen Gebiete wird die experimentelle Forschung vermutlich zunächst in den Vordergrund treten.

Literatur:

L. Prandtl, Gasbewegung, Handwörterbuch der Naturwissenschaften 4. Bd., Jena 1913.

J. Ackeret, Gasdynamik, Kap. V, Handbuch der Physik. Herausgeg. von Geiger und Scheel 7. Bd., Berlin 1927.

J. Ackeret, Luftkräfte auf Flügel, die mit größerer als Schallgeschwindigkeit bewegt werden, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 16 (1925) S. 72.

C. Cranz, Lehrbuch der Ballistik, Berlin 1926.

Briggs, Hull and Dryden, Aerodynamic Characteristic of Airfoils at high Speeds, Bericht 207 des National Advisory Committee for Aeronautics (N. A. C. A.), 1925.

Briggs and Dryden, Pressure Distribution over Airfoils at high Speeds, Bericht 255 des N. A. C. A., 1927.

A. Busemann, Profilmessungen bei Geschwindigkeiten nahe der Schallgeschwindigkeit (im Hinblick auf Luftschrauben), Vortrag auf der Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt, Danzig, Juni 1928.

Schwingungsfragen

Daß Schwingungen am Flugzeug eine große Rolle spielen müssen, erkennt man sofort, wenn man bedenkt, daß in kaum einem andern Gebiete der Technik der Leichtbau so weit getrieben wird und getrieben werden muß wie im Flugzeugbau. Je weiter man aber den Leichtbau anwendet, desto mehr müssen beim Entwurf neben den rein statischen Überlegungen auch die Fragen nach den Schwingungsmöglichkeiten des Flugzeuges beachtet werden. Welche Gefahren mit etwa auftretenden Schwingungen verbunden sind, brauche ich nicht näher zu erörtern. Es sei nur darauf hingewiesen, daß bereits eine Reihe von Flugunfällen bekannt ist, die zweifelsfrei auf Schwingungen zurückzuführen sind.

Am Flugzeug gibt es nun viele Möglichkeiten zu Schwingungen, und es erscheint unmöglich, diese alle gleichzeitig zu untersuchen. Man wird sich gezwungenermaßen von der Erfahrung leiten lassen und die gefährlichsten Schwingungen zuerst behandeln. Die bekannt gewordenen Schwingungsuntersuchungen in Deutschland und im Ausland schließen sich auch alle an wirkliche Flugunfälle an.

Als Energiequelle für Schwingungen am Flugzeug kommen einerseits die periodischen Stöße, die durch gewisse Unregelmäßigkeiten des Motors oder der Luftschraube entstehen, in Frage, anderseits die Luftkräfte. Im ersteren Fall handelt es sich wohl immer um eine Resonanzschwingung. Die Eigenschwingungszahl des Flügels oder irgendeines andern Bauteiles, z. B. einer Strebe, fallen mit der Drehzahl des Motors oder einem ganz-

Abb. 6

Abb. 7

Abb. 8

Abb. 9

Abb. 6 bis 9

Polaren (c_a über c_w) und Momentenkurven (c_a über c_m) für ein dünnes (Flügel A) und ein dickes Profil (Flügel B) bei verschiedenen Verhältnissen v/c. Die zu den Meßpunkten gehörigen Anstellwinkel laufen von -20^0 bis $+24^0$ in Abständen von je 4^0. (Nach National Adv. Comm. f. Aeron. Bericht 255.)

$c_a = \frac{A}{q\,F}$ = Auftriebsbeizahl, A = Auftrieb;

$c_w = \frac{W}{q\,F}$ = Widerstandsbeizahl, W = Widerstand;

$c_m = \frac{M}{q\,F\,t}$ = Längsmomentenbeizahl, M = Längsmoment (um die Flügelnase);

q = Staudruck F = Flügelfläche = Flügeltiefe

zahligen Vielfachen davon mehr oder weniger genau zusammen. Die dann auftretenden Schwingungen können unter Umständen große Amplituden erreichen und sehr wohl gefährlich werden. Sie lassen sich aber im allgemeinen schon beim Entwurf durch Abschätzen der Schwingungszahlen im voraus erkennen und vermeiden oder, falls sie doch auftreten, durch kleine Änderungen (Zusatzgewichte, Abfangen einer Strebe usw.) leicht beheben.

Auch bei der Anregung durch Luftkräfte ist eine eigentliche Resonanzschwingung denkbar. Bei großen Anstellwinkeln hat die Wirbelschicht hinter einem Tragflügel nicht mehr nur flächenhaften Charakter, sondern bereits eine beträchtliche Dicke. Man darf vermuten, daß die Struktur dieses Wirbelgebietes ähnlich der v. Kármánschen Wirbelstraße hinter einer Kugel ist, Abb. 10. Zieht sich dieses Wirbelgebiet nun etwa über das Höhenleitwerk hin und ist die Frequenz der auf das Leitwerk auftreffenden einzelnen Wirbel ungefähr gleich der Eigenfrequenz des Höhenleitwerks, so kann eine Resonanzschwingung angeregt werden. Es ist ein Fall bekannt, wo diese Erscheinung vermutlich die Anregung zu Höhenleitwerk-Schwingungen gegeben hat. Eine nähere Untersuchung solcher Schwingungen steht noch aus. Wenn in der Praxis unangenehme Schwingungen auftreten, deren Anregung vermutlich durch das Wirbelband des Tragflügels verursacht ist, dann ist dem dadurch abzuhelfen, daß man die Höhenlage des Höhenleitwerks gegenüber dem Flügel ändert oder das Höhenleitwerk so versteift, daß seine Eigenschwingungszahl in einen anderen, ungefährlichen Bereich fällt.

Eine weit größere Rolle spielen jedoch die Schwingungen, bei denen die Luftkräfte am Tragflügel selbst die erforderliche Energie liefern. Hier kann man von Resonanzschwingung eigentlich nicht reden. Die Anregungen haben nämlich nicht eine bestimmte Periode, deren Nähe für die Eigenperiode des Flügels gefährlich ist, sondern sie hängen von den Schwingungen selbst wieder ab. In dem Rhythmus der Schwingungen selbst ändern die Luftkräfte ihre Stärke und ihren Angriffspunkt. Man hat also gewissermaßen immer den Resonanzfall.

Ich will diesen Vorgang an dem Beispiel der gekoppelten Biegungs- und Verdrehungsschwingungen eines freitragenden Flügels klar machen. Abb. 11 stellt die eine Hälfte eines freitragenden Flügels dar, den man sich der Einfachheit halber am Rumpf fest eingespannt denkt. Die angreifenden Luftkräfte, deren Größe und Angriffspunkt in Abhängigkeit vom Anstellwinkel α man aus den Modellmessungen kennt, bewirken im allgemeinen eine Durchbiegung und Verdrehung des Flügels. Eine besondere Rolle spielt dabei die Lage der elastischen Achse, d. i. die Achse, in der man Kräfte anbringen muß, um nur Durchbiegung, aber keine Verdrehung des Flügels zu erhalten. Bei normalen zweiholmigen Flügeln liegt die elastische Achse erfahrungsgemäß etwa in $^1/_3$ der Flügeltiefe hinter der Vorderkante. Die Schwerachse des Flügels liegt etwa um 10 vH der Flügeltiefe hinter der elastischen Achse. Es sei noch daran erinnert, daß die Auftriebkraft auf den Flügel bis zu einem gewissen Werte mit dem Anstellwinkel wächst und ihren Angriffspunkt nach vorn verschiebt.

Nimmt man jetzt an, der Flügel befinde sich in einem normalen Flugzustand. Eine plötzlich einsetzende Bö verändert die Luftkräfte und ihren Angriffspunkt und gibt dadurch Anlaß zu einer Änderung der Biegung und der Verdrehung des Flügels. Dabei ändern sich aber wiederum die Luftkräfte. Während der Flügelbewegung hängen die Luftkräfte von dem dynamischen Anstellwinkel ab, der nicht mit dem geometrischen Anstellwinkel identisch ist. Das ist leicht einzusehen. Bewegt sich der Flügel (mit dem geometrischen Anstellwinkel α_0) mit der Geschwindigkeit w nach oben, so trifft die Luftströmung den Flügel nicht mehr unter dem Winkel α_0, sondern unter dem Winkel $\alpha = \alpha_0 - \frac{w}{v}$, wo v die Fluggeschwindigkeit bedeutet, Abb. 12. Bei einer reinen Biegungsschwingung vermindert sich also während der Aufwärtsbewegung des Flügels der wirksame Anstellwinkel und mit ihm die Luftkraft, bei der Abwärtsbewegung vergrößern sich beide. Daraus folgt sofort, daß eine reine Biegungsschwingung immer gedämpft verlaufen muß. Bei einer reinen Verdrehungsschwingung verhält es sich gerade umgekehrt, wenigstens solange der Abstand der elastischen Achse von der Flügelvorderkante kleiner als die halbe Flügeltiefe ist. Bei einer Verdrehung des Flügels um die elastische Achse nach größeren Anstellwinkeln hin wandert die Flügelmitte nach unten und vergrößert dadurch den dynamischen Anstellwinkel, Abb. 13. (Es läßt sich zeigen, daß die Flügelmitte in erster Näherung hierfür maßgebend ist.)

RZ 1953 Z 10

Abb. 10
Bei großen Anstellwinkeln des Flügels kann die Wirbelschicht hinter dem Flügel das Leitwerk zu Schwingungen anregen.

Sehne
α_0
w
Wind
Sehne
α
α_0
relativer Wind
w
Wind
RZ 1953 Z 12

Abb. 12
Bei Aufwärtsbewegung des Flügels (Biegung) mit der Geschwindigkeit w ist der dynamische Anstellwinkel $\alpha = \alpha_0 - \frac{w}{v}$; α_0 = geometrischer Anstellwinkel, v = Fluggeschwindigkeit.

Drehung des Querruders
Biegung
Torsion
Schwerachse
elastische Achse
RZ 1953 Z 11

Abb. 11
Zur Erklärung der Flügelschwingungen.

$\dot{\alpha}$
elastische Achse
Sehne
α_0
Wind
y
$\frac{1}{2}t$
t
α_0
Sehne
Wind
α
$\dot{\alpha}\,(\frac{t}{2}-y)$
relativer Wind

Abb. 13
Bei einer Drehung des Flügels um die elastische Achse (Torsion, Vorderkante aufwärts) ist der dynamische Anstellwinkel

$\alpha = \alpha_0 + \frac{\dot{\alpha}}{v}\left(\frac{t}{2} - y\right)$; $\dot{\alpha}$ Winkelgeschwindigkeit des Flügels.

Beträgt die Winkelgeschwindigkeit $\dot{\alpha}$, so wird der dynamische Anstellwinkel $\alpha = \alpha_0 + \left(\frac{t}{2} - y\right)\frac{\dot{\alpha}}{v}$. Mit dem größeren Anstellwinkel wandert die Luftkraft weiter nach vorn und fördert dadurch die Torsionsschwingung. Dabei ist angenommen, daß die Luftkräfte in derselben Weise vom dynamischen Anstellwinkel abhängen, wie sie nach der Modellmessung vom geometrischen Anstellwinkel abhängen. Eine amerikanische Messung zeigt, daß diese Annahme mit der Wirklichkeit befriedigend übereinstimmt, wenn man die Zunahme des Auftriebs mit dem dynamischen Anstellwinkel etwas geringer ansetzt als die mit dem geometrischen Anstellwinkel gemessene.

Bei jeder Anstellwinkeländerung ändern sich Größe und Angriffspunkt der Luftkraft. Dadurch entsteht bereits eine Koppelung zwischen der Biegungs- und der Verdrehungsbewegung. Eine stärkere Koppelung entsteht jedoch im allgemeinen infolge der Wirkung der Massenkräfte. Die hinter der elastischen Achse gelegene Schwerachse des Flügels bewirkt bei Biegung nach oben, daß gleichzeitig der Flügel nach größeren Anstellwinkeln hin verdreht wird und umgekehrt. Ebenso veranlaßt die Verdrehung des Flügels nach größeren Winkeln hin eine gleichzeitige Biegung des Flügels nach oben. Diese Koppelung zwischen Biegung und Verdrehung infolge der Massenkräfte wächst mit dem Abstand der Schwerachse hinter der elastischen Achse.

Es bedarf nun keiner Erörterung mehr, daß unter den eben dargestellten Umständen ein freitragender Flügel bei genügend großen Fluggeschwindigkeiten in gefährliche Schwingungen geraten muß. Die rückführenden elastischen Kräfte und Dämpfungen genügen dann nicht mehr, die Flügelschwingungen stabil zu halten.

Die theoretische Untersuchung dieser Schwingungen hat gezeigt, daß die kritische Geschwindigkeit, bei der die gefährlichen Schwingungen einsetzen, sehr weit heraufrückt, wenn man die Schwerachse bis in die elastische Achse verschiebt. Anderseits hängt die kritische Geschwindigkeit stark von dem Verhältnis der Eigenschwingungszahlen für Biegung und Verdrehung ab, Abb. 14. Die kleinsten kritischen Geschwindigkeiten ergeben sich, wenn die Eigenschwingungszahlen ungefähr zusammenfallen. Dieser Fall ist in der Flugpraxis bei einem stoffbespannten Flügel vorgekommen. Nach Beplanken des Flügels mit Sperrholz, wodurch die Eigenschwingungszahl für Biegung wenig, die für Verdrehung aber wesentlich geändert wurde, sind an dem Flügel im Fluge keine Schwingungen mehr beobachtet worden.

Gefährliche Flügelschwingungen können auch vom Querruder aus angeregt werden. Die Drehschwingung des Querruders um seine Achse unterstützt dann die Verdrehungsschwingung des Flügels, bzw. bei sehr torsionssteifen Flügeln tritt sie an die Stelle der Verdrehungsschwingung. Eine nähere Untersuchung zeigt, daß die Lage der Schwerachse des Querruders eine bedeutende Rolle für die gekoppelten Flügel-Querruderschwingungen spielt. Der Einfluß des Querruders verschwindet in erster Näherung, wenn man die Schwerachse des Querruders in die Drehachse verlegt. In diesem Fall unterscheiden sich die kritischen Geschwindigkeiten für die Flügelschwingungen mit und ohne Berücksichtigung der Querruderschwingungen nur sehr wenig. Das gilt sogar noch für den Fall, daß die Querruderzüge gerissen sind. Es ist eine ganze Reihe von Flugunfällen, besonders im Ausland, bekannt geworden, deren Ursache in Flügel-Querruderschwingungen zu suchen ist. Solche Schwingungen sind sogar an den äußeren Flügelteilen von verstrebten Doppeldeckern vorgekommen. Die sich ergebende Forderung: Schwerachse des Querruders in die Drehachse! sollte von den Konstrukteuren noch mehr als bisher beherzigt werden.

Abb. 14
Abhängigkeit der für Schwingungen kritischen Geschwindigkeit von den Eigenschwingungszahlen n_P für Biegung und n_T für Torsion des Flügels.

Die gleiche Forderung ist auch an Höhen- und Seitenruder zu stellen. Denn was hier für den Flügel mit Querruder gefunden ist, muß in ähnlicher Weise auch für das Leitwerk gelten.

Die Erwähnung des Höhenleitwerks führt auf eine andre eigentümliche Schwingungserscheinung, die m. W. bisher nur an einem Segelflugzeug in der Rhön beobachtet wurde, seitdem aber nicht wieder. Es gelang dann, die beobachtete Schwingungserscheinung im Windkanalversuch festzustellen und ihre Bedingungen zu untersuchen. Es handelt sich dabei um eine Koppelung zwischen dem ganzen Flugzeug und dem Höhenruder. Das Flugzeug schwingt um seine Querachse (Holmachse), während das Höhenruder dabei hin- und herpendelt. In dem beobachteten Fall bestand das Höhenleitwerk des Flugzeugs nur aus einem Ruder. Die theoretische Behandlung dieser Aufgabe liefert als Bedingung für Stabilität der Schwingungen einige Beziehungen zwischen Schwerpunktlage und Druckpunktlage am Höhenruder, der statischen Längsstabilität des Flugzeugs, dem Trägheitshalbmesser um die Querachse und der elastischen Bindung zwischen Flugzeug und Höhenruder (Elastizität der Ruderseile). Auf die Einzelheiten wollen wir nicht weiter eingehen, sondern nur noch etwas über das sogenannte Leitwerkflattern sagen.

Beim Flattern des Höhenleitwerks, das namentlich bei sehr schnellen Flugzeugen beobachtet wurde, handelt es sich um eine gekoppelte Biegungs- und Torsionsschwingung. Die Schwingungen werden durch Biegungs- und Torsionsweichheit des Rumpfes stark unterstützt. Die Erscheinungen sind aber den gekoppelten Flügelschwingungen sehr ähnlich, nur etwas verwickelter, da auch die Elastizitätsverhältnisse des Rumpfes berücksichtigt werden müssen. Für diese Schwingungen gibt es eine kritische Geschwindigkeit, oberhalb deren die Schwingungen instabil werden und zum Bruch führen müssen, wenn die Betriebsbedingungen nicht schnell geändert werden, d. h. wenn der Führer nicht durch sofortiges Abstellen des Motors und vorsichtiges Ziehen die Fluggeschwindigkeit vermindert. Die Mittel, das Leitwerkflattern zu vermeiden, sind eigentlich selbstverständlich: Der Ruderschwerpunkt soll möglichst weit vorn liegen. Die Steifigkeit des Leitwerks und des Rumpfes für Biegung und Verdrehung muß möglichst groß sein. Gegebenenfalls ist das Leitwerk durch einen Stiel abzufangen. Bei Flugzeugen für große Geschwindigkeiten ist besonders auf die Steifigkeit des Rumpfes großer Wert zu legen. Ein runder Rumpf erweist sich dafür als vorteilhaft.

Literatur:

W. Birnbaum, Das ebene Problem des schlagenden Flügels, Dissertation Göttingen 1922; s. auch Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 3 (1923) S. 290 und Bd. 4 (1924) S. 277 und Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 15 (1924) S. 128.

v. Baumhauer und Koning, Onstabile trillingen van een draagvlak-klap systeem, Verslagen en Verhandelingen van den Rijks-Studiedienst voor de Luchtvaart, Amsterdam, Deel II, 1923.

H. Blenk und F. Liebers, Flügelschwingungen an freitragenden Eindeckern, „Luftfahrtforschung" Bd. 1 (1928) S. 1.

F. N. Scheubel, Schwingungserscheinungen des Segelflugzeugs Rheinland, Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt 1925, S. 103.

F. N. Scheubel, Über das Leitwerkflattern und die Mittel zu seiner Verhütung, Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt 1926, S. 103.

E. G. Reid, Airfoil lift with changing angle of attack, Technical Note 266 des National Advisory Committee for Aeronautics 1927.

Accidents to aeroplanes involving flutter of the wings, Aeronautical Research Committee, Rep. a. Mem. 1041, 1925.

Frazer, An investigation on wing flutter, Aeronautical Research Committee, Rep. a. Mem. 1042, 1926.

[B 1953]

Profilwiderstandmessungen im Fluge

Im Flugzeugbau ist es üblich, die aus Modellmessungen im Windkanal gewonnenen Ergebnisse auf das wirkliche Flugzeug zu übertragen. Dabei wird keine Rücksicht auf die Verschiedenheit der Reynoldsschen Zahlen und auf die geometrische Unähnlichkeit der Modelle in bezug auf Oberflächenbeschaffenheit genommen, da keine Möglichkeit zur genauen meßtechnischen Erfassung der wirklichen Verhältnisse vorhanden war.

Ein Weg hierzu wurde schließlich von A. Betz, Göttingen, mit einem Verfahren zur unmittelbaren Ermittlung des Profilwiderstandes durch Messung und Umrechnung des Gesamtdruckes und des statischen Druckes in der Wirbelschleppe hinter den Flügeln gezeigt. Unter Zugrundelegung dieses Verfahrens hat man in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt eine Reihe von Meßflügen mit einem Junkers-Flugzeug, Baumuster A 20, ausgeführt. Die Versuche haben gezeigt, daß die Oberflächenbeschaffenheit doch einen größeren Einfluß auf die Widerstandverhältnisse des Flugzeuges hat, als bisher angenommen wurde.

Der ursprüngliche Wellblechflügel des Junkers-Flugzeuges wurde mit verschiedenen Verkleidungen versehen, die verschiedenen Profilwiderstand ergaben, u. a. mit einer straff gezogenen, an der Unterseite mit innenliegenden, entgegengesetzt vorgebogenen Profilleisten versehenen Sperrholzverkleidung, Abb. 1. Auch die Meßeinrichtung ist aus Abb. 1 ersichtlich. Ihr wichtigster Teil besteht aus einer hinter dem Flügel angebrachten, senkrecht stehenden Schiene mit Teilung, an der entlang ein Schlitten mit Staurohren zur Messung der Drücke im Wirbelgebiet vom Beobachtersitz aus geführt werden kann. Die Drücke werden durch alkoholgefüllte U-Rohre angezeigt und im Film aufgenommen. Die ungestörte Strömung wird mit einem Staurohr gemessen, das auf einem verspannten Mast genügend hoch über dem Flugzeugrumpf angebracht ist.

Die Ergebnisse der Messungen sind in einem ausführlichen Bericht in 24 Profilwiderstandpolaren niedergelegt und näher beleuchtet[1]). Abb. 2 gibt eine Reihe solcher Polaren für verschieden behandelte Sperrholzverkleidung wieder. Die Profilwiderstandmessungen wurden z. B. auch Reibungsmessungen an ebenen Flächen gegenübergestellt, Abb. 3.

Beachtenswert ist das Ergebnis, daß schon geringe Oberflächenverschiedenheiten den Profilwiderstand stark beeinflussen. Die Untersuchung an einer Verkleidung aus glattem Duraluminblech mit Nietreihen zeigte z. B., daß schon kleine und örtlich ganz voneinander unabhängige Störungsstellen den Widerstand des glatten Flügels beträchtlich erhöhen.

Die Profilwiderstandmessungen im Fluge bestätigen die im Flugzeugbau von manchen Konstrukteuren gefühlsmäßig gewonnene Erkenntnis über glatte Flugzeugoberflächen. Die Bauverfahren werden in dieser Richtung mehr und mehr ausgebildet werden müssen.

Die Ergebnisse der gesamten Arbeit haben grundsätzliche Bedeutung über den Rahmen der Luftfahrt hinaus für alle Strömungsvorgänge in der Nähe von Wänden bei großen Reynoldsschen Zahlen, z. B. im Schiffbau oder im Wasserturbinenbau. [M 1817]

[1]) Dr.-Ing. M. Schrenk, Über Profilwiderstandsmessung im Fluge nach dem Impulsverfahren. 102. Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt. E. V., Berlin-Adlershof. „Luftfahrtforschung" Bd. 2 (1928) S. 1, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin.

Abb. 1
Anbringung der Meßeinrichtung am Flugzeug.

Abb. 2 (links)
Profilwiderstandmessungen im Fluge (Polaren).

Flug 14: Sperrholzverkleidung roh, geölt,
„ 15: „ „ lackiert und poliert,
„ 16: „ „ mit grobem Flugzeugleinen straff gespannt,
„ 18: „ „ mit Leinen, sechsmal zelloniert u. geschliffen,
„ 20: „ „ mit Leinen, an der Oberseite lose und leicht wellig,
„ 21: „ „ mit Leinen, zweimal zelloniert und leicht geschliffen.

Abb. 3 (rechts)
Vergleich der Profilwiderstandmessungen mit Reibungsmessungen an ebenen Flächen.

Flug 31: Duraluminblech, 09 mm, Nietköpfe entfernt, glatt,
„ 15: Sperrholzverkleidung lackiert und poliert,
„ 18: „ „ mit Leinen, sechsmal zelloniert u. geschliffen,
„ 16: „ „ mit grobem Flugzeugleinen, roh.

Neuere Festigkeitsfragen im Flugzeugbau

Von Dipl.-Ing. Karl Helmut Rühl, Berlin

Die Eigenheiten der Flugzeugstatik und ihre Fortschritte in den letzten Jahren. Lastannahmen, Rechnungsverfahren und Baustoffragen
Die Zusammenhänge mit der Gesamtentwicklung des Flugzeugbaues und mit benachbarten Wissenschaftsgebieten.

Der Schwerpunkt der technischen Entwicklung des Flugzeugbaues liegt heute in der Erweiterung des Flugbereiches, der Erhaltung der Flugfähigkeit bei Störungen am Motor, der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und der Erleichterung des Nacht- und Nebelfluges. Jede dieser Aufgaben hat ihren eigenen Weg zum Ziel, aber alle Wege kreuzen sich an einer Stelle. Denn jeder Fortschritt in einer dieser Richtungen verlangt Gewichtsaufwendungen:

a) für Benzin- und Ölvorräte, Behälter, Lagerung der Behälter, Leitungen;
b) für unter normalen Verhältnissen überschüssige Motorleistung, Motoren, Luftschrauben, Einbauten, Gestänge, Einrichtungen zur Motorenwartung usw.;
c) für erhöhte Nutzlast, Fluggäste, Fracht, Post, Gepäck;
d) für Meßgeräte, funkentelegraphische Anlagen, Beleuchtungsanlagen.

Jede einzelne Gewichtsvermehrung steigert aber weiter die Gewichte an andrer Stelle, weil man die Fläche oder die Spannweite vergrößern, das Fahrgestell, den Rumpf usw. verstärken muß. Die Erhöhung des zulässigen Gesamtgewichtes für eine bestimmte Motorleistung mit Hilfe aerodynamischer Verbesserungen, Verminderung der Widerstände, Verbesserung des Schraubenwirkungsgrades findet sehr bald ihre Grenze, also bleibt nur eines: Herabdrückung der Baugewichte.

Damit gewinnt die Durchführung der statischen Berechnung des Flugzeugs, die die Abmessungen aller tragenden Teile bestimmt, weit über die Sicherung gegen Bruchgefahr hinaus auf die gesamte Leistungshöhe einen entscheidenden Einfluß. Diese Tatsache hat dazu geführt, daß sich dem neueren Flugzeugbau, der in Deutschland seit dem Ende des Bauverbotes (1922) begann, eine neuere Flugzeugstatik mit einer ganzen Reihe ihr eigener technisch-wissenschaftlicher Fragen an die Seite stellte.

Sie hatte eine dreifach gegliederte Gruppe von Arbeiten durchzuführen, die Lastannahmen, die Rechnungsverfahren und die Sicherheitszahlen und Baustoffeigenschaften teils zu prüfen, teils zu ergänzen, teils ganz neu zu schaffen.

Lastannahmen

Die für die Berechnung der Flugzeuge anzunehmenden Lasten sind im allgemeinen durch behördliche Vorschriften geregelt. In den meisten Ländern sind diese Vorschriften im Laufe der letzten Jahre neu aufgestellt worden, in Deutschland ist ihre Neubearbeitung im Gang und nähert sich dem Abschluß.

Der größte Unterschied dieser neueren Lastannahmen gegenüber den früheren Ansätzen liegt in der weitergehenden Gliederung der Lasten nach Flugzeuggröße und Flugeigenschaften und der Heraufsetzung der Lasten auf die Tragflügel für eine Reihe von Flugzeuggattungen. Die Luftkräfte auf die Tragflächen halten das Flugzeug schwebend, im normalen Fluge sind sie also gleich dem Flugzeugeigengewicht. Sie werden aber größer, wenn das Flugzeug Beschleunigungen oder Verzögerungen erfährt, also bei Böen, bei Flugfiguren, vor allem beim Abfangen des Flugzeugs aus steilem Gleit- oder Sturzflug. Dabei wird das in hoher Fahrt befindliche Flugzeug rasch aufgerichtet, der Winkel, den der Tragflügel mit der Anströmrichtung bildet, wird plötzlich sehr viel größer, und damit wachsen die Luftkräfte auf das Mehrfache des Flugzeuggewichtes an, solange, bis die Geschwindigkeit des Flugzeugs auf das normale, d. h. dem Anstellwinkel zugehörige Maß abgebremst ist. Zur Aufnahme dieser Kräfte hielten im Jahre 1918 die damaligen deutschen Bauvorschriften auch bei den höchst beanspruchten Bauarten (Jagdeinsitzern) eine 6,5fache Bruchlast, d. h. Tragfähigkeit gleich dem 6,5fachen Flugzeuggewicht für genügend. Für größere Flugzeuge wurden geringere Lastvielfache, 4, 4,5 und 5,8 verlangt. Diese Lastannahmen sind nach dem Kriege durch Versuchsflüge nachgeprüft worden — zunächst von der nordamerikanischen Fliegertruppe[1]).

Mittels eingebauter Meßgeräte wurden die beim Überschlag (Looping), Trudeln, in der Kurve und Spirale, beim Abfangen, Rückenflug, Landen und Starten auftretenden Beschleunigungen gemessen. Diese Versuche brachten eine Überraschung und die Erklärung für einige vorher eingetretene Flügelbrüche; bei Jagdeinsitzern traten nämlich auf: bei Landung und Start 4,6fache, beim Überschlag 6,2fache, beim Abfangen 7,8fache Erdbeschleunigung.

Da die Bruchlast um einen nicht zu kleinen Sicherheitszuschlag diese tatsächlich auftretenden Kräfte übersteigen muß, wären also Lastvielfache von mindestens 12 bis 14 (statt 6,5) erforderlich. Deutsche Messungen[2]) an Schul- und Kunstflugzeugen erreichten die amerikanischen Werte nicht ganz; trotzdem wird heute allgemein anerkannt, daß für Flugzeuge mit hervorragenden Flugeigenschaften, großer Wendigkeit, großer Geschwindigkeit usw., ein Bruchlastvielfaches für den Fall des Abfangens n_{ABr} von mindestens 10 bis 12 notwendig ist. Für größere, schwerfälligere Flugzeuge sind die Lasten abzustufen. Die Amerikaner fordern z. B. für

	n_{ABr}
einsitzige Kampfflugzeuge[3])	12
zweisitzige Beobachtungsflugzeuge und Nachtbomben-Flugzeuge	8,5
Schulflugzeuge	8
Verkehrsflugzeuge unter 1130 kg[4])	6,5
Verkehrsflugzeuge über 1130 bis 6100 kg . .	5,8 bis 4,8
Verkehrsflugzeuge über 6100 kg	4

Die Vorschriften sämtlicher übriger Staaten sind ähnlich. Es ist auch nicht zu erwarten, daß sich hierin noch viel ändern wird. Abgesehen vielleicht von einer kleinen Erweiterung der Reihe nach oben und unten für Sonderfälle, stellen diese Lastannahmen eine gesicherte Grundlage unseres Wissens dar.

Die weitere Arbeit wird sich vielmehr auf die genauere Feststellung der Lastverteilung im einzelnen und in bestimmten Grenzfällen erstrecken müssen. Die Lastverteilung, gleichmäßig über die Flügel und Leitwerkflächen oder nach irgendeiner Richtung hin abfallend, ist für die Bemessung genau so wichtig wie die Höhe der mittleren Last. Trotz einer Reihe von Versuchen sind wir aber hier auch heute noch auf ziemlich unsichere Annahmen angewiesen.

Ebenso ist in der Ermittlung der übrigen Lasten, der Landestöße, Motorkräfte, Leitwerkkräfte noch manches zu klären. Grundsätzlich ist dabei ein Fortschritt erzielt, man begnügt sich nicht mehr damit, wie es im Kriege vielfach geschehen mußte, bewährte Flugzeuge nachzurechnen und dann durch möglichst vereinfachte Lastannahmen für Neubauten eine gleiche Festigkeit zu erreichen. Man sucht vielmehr in jedem Fall den Ursprung der Kräfte zu erforschen, macht also die Lasten für den Motoreinbau nicht mehr einfach vom Motorgewicht, sondern vom Schraubenschub, Motordrehmoment und Propellerkreiselmoment abhängig, die Höhe der Landestöße von der Art der Fahrgestellabfederung usw. Damit ist zwar noch nicht das Ziel erreicht, aber der Weg zu wissenschaftlicher Durchdringung geöffnet.

---

[1]) Weyl, Beschleunigungsmessungen, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 16 (1925) S. 451 u. f.
[2]) v. Koeppen u. Hübner Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 17 (1926) S. 534.
[3]) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd 17 (1926) S. 194.
[4]) „Aviation" Bd. 21 (1924) S. 550.

Berechnung der inneren Spannungen

Nicht nur in der Ermittlung der äußeren Kräfte war der Flugzeugbau der Nachkriegzeit gezwungen, neue Wege einzuschlagen. Eine zweite, ausgedehnte Reihe von Arbeiten diente der Erfassung des inneren Spannungs- und Formänderungszustandes. Die Anregungen dazu flossen aus einer doppelten Quelle. Der Leistungssteigerung wegen mußte man auch bei den bewährten und erprobten Bauweisen die Kräfte besser, schärfer und weitgehender verfolgen als bisher. Zweitens entstanden in rascher Folge ganz neue Flugzeugarten in neuer Bauweise aus neuen Baustoffen, die nur mit Hilfe neuer Verfahren, Versuche und Überlegungen statisch untersucht werden konnten. Wie weit am Schluß des Krieges die Genauigkeit der statischen Flugzeugberechnungen ganz allgemein hinter dem wünschenswerten Stand zurückblieb, geht aus den Bauvorschriften 1918 selbst mit großer Deutlichkeit hervor. Sie verlangten nämlich, daß beim Bruchversuch mit Tragflügeln die in der statischen Berechnung nachgewiesenen Festigkeiten nicht etwa bestätigt, sondern um einen ganz bestimmten Bruchteil, und zwar bis zu 30 vH, überschritten werden mußten. Die Versuchserfahrungen hatten also gezeigt, daß (entlastende) Nebeneinflüsse bis zu dieser Größe von den üblichen Rechnungen nicht erfaßt wurden.

Heute ist diese Unterscheidung zwischen rechnerischer und tatsächlicher Festigkeit wohl aus allen Bauvorschriften verschwunden. Trotzdem ist selbst bei manchen seit langem gebrauchten Bauarten heute noch keine restlose rechnerische Nachprüfung der tatsächlichen Festigkeit mit handlichen Mitteln möglich.

So fehlen bisher eingehende Untersuchungen über den Einfluß der elastischen Einspannung auf die Knickfestigkeit von Druckstäben unter den im Flugzeugbau vorkommenden Verhältnissen. Die Annahme gelenkiger Knotenpunkte ist sicher zu ungünstig, die Annahme fester Einspannung zu günstig. Von amerikanischer Seite[5]) wird für geschweißte Knotenpunkte eine Einspannungsziffer von $c = 2$, für genietete $c = 1{,}5$ und dann für die Knickspannung σ_k im Eulerbereich die Formel $\sigma_k = c\,\frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ vorgeschlagen; für kürzere Stäbe $\sigma_k = \sigma_d - \frac{\sigma'}{c}$, wobei $\sigma' = f(\lambda)$ ist und $\sigma_k = \sigma_d - \sigma'$ die Knickspannung für gelenkige Lagerung nach dem sonst gebrauchten Gesetz (in Amerika Parabelformel von Johnson) darstellt.

Eine ähnliche, etwas anschaulichere und im ganzen Bereich einheitliche Darstellung ergäbe sich, wenn man als Einspannungszahl ein konstantes Verhältnis von Knicklänge zu geometrischer Stablänge betrachtete, also statt der Stablänge einen Teil davon als Knicklänge einführte. Befriedigend ist keiner der Ansätze, weil der wirkliche Einspannungsgrad für jeden Stab je nach der Steifigkeit und auch der Belastung der benachbarten Stäbe verschieden sein muß. Die Einführung einer in allen Fällen gleichen Einspannzahl ist also bestenfalls eine grobe Näherung.

Es fehlen überhaupt, obwohl sämtliche theoretischen Grundlagen seit langem bekannt sind, vergleichende Rechnungen über die Größe der Nebenspannungen infolge steifer Knotenpunkte. Bei Hoch- und Brückenbauten ist die Vernachlässigung dieser Nebenspannungen üblich. Bei Flugzeugfachwerken sind aber zum Teil die Stabhöhen im Vergleich zu den Stablängen und damit die Nebenspannungen größer. Nach überschläglichen Rechnungen, die bei den Albatros-Flugzeugwerken G. m. b. H. vorgenommen wurden, sind sie bei Stahlrohrrümpfen gering, können dagegen bei Motoreinbauten und Leitwerkholmen auf 20, 30 und mehr vH der Hauptspannungen steigen; die genauere Berechnung ist jedoch für Träger mit einer größeren Felderanzahl ziemlich langwierig. Solange keine Näherungsverfahren ausgearbeitet sind, dürften deshalb vielleicht planmäßige Versuche vorzuziehen sein.

Hier bestehen also noch Lücken. Daß sie noch nicht ausgefüllt sind, kommt daher, daß die technischen Fort-

Oberholm
Verspannung
Stiel
Unterholm

Abb. 1
Tragwerk des verspannten Doppeldeckers.

p
S y y S
RZ 1952 Z 1 u. 2

Abb. 2
Schaubild der Belastungen und der Durchbiegungen des Oberholms.

Stiel
RZ 1952 Z 3 u 4

Abb. 3 und 4
Freitragender Doppeldecker.

schritte in andern Richtungen alle Kräfte in Anspruch nahmen. Der Flugzeugbau der Jetztzeit, vornehmlich der deutsche Flugzeugbau, ist in konstruktiver und damit auch statischer Hinsicht von Grund aus ein andrer als der der Kriegsjahre. Er bevorzugt den Eindecker und freitragenden Flügel an Stelle des verspannten Doppeldeckers und den Leichtmetall- oder Stahlbau an Stelle des Holzbaues. Junkers, Dornier und Rohrbach sind darin vorangegangen. Mit der Konstruktion mußte sich aber auch die Berechnung entwickeln.

Das eigentlich klassische Problem der Flugzeugstatik der Zeit von 1914 bis 1922 war die Berechnung des verspannten Doppeldeckers, besonders der Tragflügelholme, Abb. 1 und 2.

Durch die Verspannungskabel entstehen in den Holmen Druckkräfte S, Abb. 2, durch die querwirkenden Luftkräfte p Biegungsmomente. Diese erzeugen Durchbiegungen y, damit entsteht ein zusätzliches Moment Sy, das seinerseits wieder die ursprünglich vorhandene Durchbiegung vergrößert. Bei der geringen Steifigkeit der Holme können diese zusätzlichen Momente nicht mehr, wie es etwa bei Stützen usw. geschieht, außer acht gelassen werden, der Endzustand ist vielmehr genau zu ermitteln. Durch die Mitarbeit von Müller-Breslau, Reißner, Pröll, Ratzersdorfer u. a. wurde für die verschiedensten Fälle — stetige Last und Einzellasten, konstante und im Feld veränderliche Normalkraft, gelenkig gelagerte und durchlaufende Holme — die Knicksicherheit solcher Stäbe geklärt[6]). Die Ergebnisse dieser Arbeiten haben bis heute allen praktischen Anforderungen genügt.

Schon für den freitragenden Doppel- oder Anderthalbdecker, Abb. 3 und 4, mit einem Stiel, aber ohne Verspannung, wie er in den letzten Jahren von Albatros, Arado u. a. mehrfach gebaut wurde, verlieren sie ihre Bedeutung. Dafür werden zur Ermittlung der Hauptkräfte des in jeder Zellenhälfte zwei- oder dreifach statisch unbestimmten Tragwerks, für die beim verspannten Doppeldecker der normale Rechnungsgang ohne Änderungen eingeschlagen werden konnte, Abkürzungen für die numerische Rechnung wünschenswert.

Zur Vereinfachung nahm Thalau[7]) einen parabelförmigen Abfall der Holmträgheitsmomente entweder bis zum Stiel oder bis zum Flügelende und einen gesetzmäßigen Verlauf für die Belastung an. Dann können geschlossene Formeln für die statisch unbestimmten Stiel-

[5]) „Aviation" Bd. 24 (1927) S. 898.

[6]) Hoff, Festigkeit deutscher Flugzeuge, 36. Ber. d. Deutsch. Versuchsanst. f. Luftfahrt.

[7]) Jahrb. der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt 1927 S. 35 und 86.

Abb. 5
Rostträger (Rippen und Holm).

Abb. 6
Verdrehungsbeanspruchung des Eindeckers.

kräfte abgeleitet werden. Zu einem allgemein gültigen Ansatz kam Rühl[8]), indem er nicht die Stabkräfte, sondern die Verschiebungen des Stieles wagerecht und senkrecht und seine Drehung um die elastische Achse des Systems (Drehachse bei reiner Torsionsbeanspruchung) als statisch Unbestimmte ansah. Dann ergeben sich ganz ähnlich wie bei dem bekannten Müller-Breslauschen Ansatz für die Kräfte des dreifach statisch unbestimmten Rahmens, drei Gleichungen mit nur je einer Unbekannten Jede Unbekannte ist der Quotient zweier Kraftgrößen, und zwar derjenigen Kräfte, die bei vollkommen fester Lage des Stieles aus den Außenkräften entstehen würden, und derjenigen, die den Stiel um die Einheit verschieben würden. Die ganze Rechnung ist also eine Anwendung der Deformationsmethode.

Statik des Eindeckers

Der freitragende Eindecker brachte ganz neue Fragen. Die Prüfung seiner Festigkeitseigenschaften wurde so fruchtbar, daß dadurch auch bei verspannten Doppeldeckern vorhandene bisher nicht beachtete Erscheinungen geklärt und ein großer Schritt zur Verminderung der obenerwähnten Rechnungsungenauigkeit von 30 vH bei Tragflügelberechnungen getan werden konnte.

Die auffallenden Unterschiede zwischen tatsächlicher und rechnerischer Festigkeit waren schon in den Vorschriften von 1918 auf die Plattenwirkung der Bespannung, der Leisten und besonders der Rippen zurückgeführt worden. Die Flügelrippen, von der Flügelnase bis zur Hinterkante verlaufend, Abb. 5, sind an die in Richtung der Spannweite liegenden Holme in der Regel biegungssteif angeschlossen, bilden also mit den Holmen einen Trägerrost. Dieser biegungssteife Anschluß wurde früher vernachlässigt und gelenkige Lagerung vorausgesetzt. Bei gelenkigem Rippenanschluß können die Durchbiegungen jedes Holmes unabhängig von den Formänderungen des andern auftreten, bei biegungssteifem Anschluß ist das ausgeschlossen. Denkt man sich die Rippen durchschnitten, so treten bei Belastung des einen Holmes zweierlei Verschiebungen an der Schnittstelle ein, da jede Rippe die Bewegungen des Holmes an ihrer Einspannstelle mitmachen muß. Die Rippe wandert nach unten und dreht sich gleichzeitig um den Winkel, um den sich die Tangente an die Biegungslinie gegen die ursprüngliche Holmachse neigt. Ist der Rippenquerschnitt nicht frei, sondern an die andre Rippenhälfte angeschlossen, werden beide Bewegungen gehemmt, es entstehen zwei statisch unbestimmte Kräfte, ein Moment, das die Rippe dreht und den Holm biegt — und eine Querkraft, die die Rippe biegt und den Holm verdreht.

Über diese Verbundwirkung in Tragflügeln ist in den Kriegsjahren nur ein Beitrag erschienen, seit 1924 dagegen eine ganze Reihe. Thalau[9]) führte die an jeder Rippe wirkenden Kräfte als statisch Unbestimmte ein, erhielt damit ein vielfach statisch unbestimmtes System und hat dann nach den in der Baustatik bekannten Verfahren zur Berechnung vielfach statisch unbestimmter Tragwerke die Kräfte bestimmt. Reißner[10]) hat im Unterschied dazu nicht eine Reihe von Einzellasten, sondern stetig verteilte Momente und Querkraftbelastung angenommen. Daraus ergeben sich zwei Differentialgleichungen für die Biegung und Verdrehung des Holmes. Die Auflösung dieser Gleichungen ist im allgemeinen Fall ziemlich verwickelt, vereinfacht sich aber, wenn für die Holme auf der ganzen Spannweite unveränderliche Biegungsspannungen angenommen, die Holme also als Träger gleicher Festigkeit betrachtet werden. Tatsächlich ist dies natürlich nur für einen der verschiedenen Lastfälle möglich. Einen ähnlichen Ansatz verwenden Koch, Biezeno und Koning[11]), neuerdings Giuseppe Gabrielli auf Anregung v. Kármáns[12]). Für beliebig wechselnde Querschnitte gelangte Graatz[13]) mit Hilfe linearer Differenzengleichungen zu einer brauchbaren Lösung. Das übereinstimmende Ergebnis aller Arbeiten und der zur Prüfung der Theorie von Thalau vorgenommenen Versuche ist, daß bei ungleicher Belastung der Holme, vor allem also im Sturzflug, wo die Holmlasten entgegengesetzte Vorzeichen haben, tatsächlich eine erhebliche Entlastung eintritt. Die statt der Biegungsmomente entstehenden Verdrehungsmomente können meist ohne größere Schwierigkeiten aufgenommen werden.

Die Frage der Biegungsweichheit der Einzelteile, die die Statik des verspannten Doppeldeckers beherrscht hatte, fand beim freitragenden Eindecker ihr Gegenstück in der Frage der Biegungs- und Verdrehungsweichheit des Flügels im ganzen. Beim verspannten Doppeldecker waren es die Holmfelder, bei denen infolge der verhältnismäßig großen Durchbiegungen die Spannungen zweiter Ordnung, d. h. die durch die elastischen Formänderungen überhaupt erst bedingten Spannungen, ihrer Wichtigkeit nach hervorragten, und zwar handelte es sich hier um Biegungsspannungen. Gegen Torsionsmomente, die die ganze Zelle um die Querachse verdrehen, ist der Doppeldecker verhältnismäßig steif. Er hat mindestens zwei, bei doppelter Verspannungsebene vier Tragwände in großem Abstand voneinander, die die Verdrehung aufnehmen können. Beim Eindecker sind die Verdrehungen größer. Liegt der Angriffspunkt der Luftkraftresultierenden R hinter der elastischen Achse des Flügels, Abb. 6 (Gleit- und Sturzflug), so wird aber durch die Nachgiebigkeit der Anstellwinkel α verkleinert. Damit wächst bei den meisten Profilen, wenigstens den bisher gebrauchten, die Rücklage des Druckpunktes e, und das auf den Flügel einwirkende Verdrehungsmoment $R\,e$ vergrößert sich. Im ungünstigen Fall geht dieser Vorgang immer weiter, bis der Flügel bricht (analog dem Ausknicken des druckbelasteten Holmes); zur Ruhe kommen die Formänderungen nur dann, wenn die unter der Anfangslast auftretende Verdrehung eine bestimmte Größe nicht überschreitet. Die Grenze der Belastung und damit der Fluggeschwindigkeit ist also durch die Verdrehungssteifheit des Flügel bedingt[14]).

Für den Trägerrost führte Reißner die Berechnung der Verdrehungssteifigkeit, d. h. der unter bestimmter Last auftretenden Verdrehungen mit Berücksichtigung der Rippenverbundwirkung durch. Bei einholmigen Flügeln mit Kastenholmen — der Bauweise von Rohrbach — bestehen größere Schwierigkeiten. Der reine Verdrehungszustand wird durch die eingebauten Versteifungen umgewandelt, da diese ein Verzerren des Profils und bei räumlicher Steifheit auch eine Verwölbung verhindern. Damit werden bereits für prismatische, vor allem aber verjüngte Holme, eine Reihe verwickelter Ableitungen erforderlich.

Schwingungs- und Luftschraubenberechnungen

Mit der Bestimmung der Verdrehungssteifigkeit unter ruhender Last ist es indes, wie unangenehme Betriebserfahrungen bewiesen, noch nicht getan. In mehreren Fällen wurden an Tragflügeln Schwingungen beobachtet, und der Aufwand an Gewicht zur Vermeidung dieser Gefahr wurde mitunter so groß, daß die sonstigen Vorteile der freitragenden Bauweise wieder verlorengingen.

8) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 18 (1927) S. 111.
9) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 15 (1924) S. 103, Bd. 16 (1925) S. 86 und 415, Bd 17 (1926) S. 121.
10) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 17 (1926) S. 181.
11) Z. f. angew. Math. u. Mech Bd. 6 (1926) S. 97.
12) „Luftfahrtforschung" Bd. 2 (1928) S. 69.
13) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 17 (1926) S. 411.
14) Reißner, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 17 (1926) S. 137.

Abb. 7 bis 10
Wellenbildung und Ausbeulung von Blechwänden.

Blenk und Liebers[15]) zeigten in drei Fällen, daß solche Schwingungen bereits unterhalb der kritischen Geschwindigkeit, die aus der Bedingung statischer Verdrehungsstabilität folgt, auftreten können. Die in der Stabilitätsbedingung erscheinenden elastischen Konstanten der Flügel mußten dabei durch Schwingungsversuche mit Flügeln gefunden werden. Das „Endziel für die Praxis, auf Grund einiger einfacher statischer und Verdrehungsversuche", die kritische Geschwindigkeit vorauszuberechnen, erfordert noch eine große Ausdehnung dieser Versuche. Da Schwingungen nicht nur im Flügel freitragender Eindecker auftreten können, sondern auch bei Doppeldeckern, da sie weiter, von Leitwerken und Querrudern, wie vom Triebwerk eingeleitet, das Flugzeug bedrohen, wird ihre Untersuchung einen Hauptteil der Arbeit in den nächsten Jahren beanspruchen. Denn neben den Werkstoffehlern, die vielleicht nicht ganz ausgeschieden, aber durch doppelte Sicherungen — doppelte Führung von Verspannungskabeln usw. — umgangen werden können, und neben örtlichen Überbeanspruchungen in Teilen mit unübersichtlichem und unregelmäßigem Kraftfluß sind sie wohl die Hauptgefahr für die Bruchsicherheit unserer heutigen Flugzeuge, die noch nicht restlos überwunden ist; d. h. noch nicht in jedem Fall mit Sicherheit vorhergesehen werden kann.

Eine große Rolle werden Schwingungen auch bei den Untersuchungen von Luftschrauben spielen. Die Gewichte der Luftschrauben haben heute schon einen ziemlichen Anteil am Gesamtgewicht, werden es um so mehr, je mehr zur Verbesserung des Wirkungsgrades ihr Durchmesser vergrößert und infolge der Aufteilung des Triebwerkes ihre Anzahl gesteigert wird. Bis jetzt sind jedoch nur die Spannungen unter ruhender Last näher untersucht worden. Genau wie bei den Knickbiegungsberechnungen der Holme und den Verdrehungsberechnungen der Flügel darf auch hier nicht, wie es normalerweise in der Baustatik geschieht, der Berechnung die Gestalt des unverformten Körpers zugrundegelegt werden. Die von außen wirkenden Luftkräfte erzeugen Durchbiegungen und Verdrehungen, die durch die rasche Umdrehung entstehenden Fliehkräfte greifen damit nicht mehr an der ursprünglich vorhandenen, sondern an einer durchgebogenen Stabachse an, und damit entstehen Zusatzmomente (in der Regel, aber nicht immer, entlastend wirkend) in der Größenordnung der Luftkraftmomente[16]).

Statik des Metallbaus

Den Aufgaben, die der Übergang zum ganz oder halb freitragenden Flügel, das Auftauchen von Schwingungsgefahren und die Verfeinerung und Ausdehnung der Berechnungen aufgeworfen haben, stellte der Metallbau eine Reihe ihm eigentümlicher Sonderprobleme an die Seite. In Deutschland herrscht zur Zeit die Bauweise mit voller, aus glatten oder gewellten Blechen bestehender Beplankung vor. Diese Blechbeplankungen müssen selbstverständlich so dünn wie möglich gehalten werden, da bei den großen zu beplankenden Flächen jeder Bruchteil eines Millimeters viel ausmacht. Trotzdem, oder gerade deshalb, müssen sie möglichst zur Kräfteleitung mit herangezogen werden.

Damit erhält man eine Bauart, die man bei Blechträgern im Schiff-, Dockbau und Eisenbau nicht ohne weiteres zulassen würde und deren praktische Erprobung bisher dem Flugzeugbau vorbehalten geblieben ist, nämlich ein Tragwerk mit streckenweise ausknickenden Teilen. Die Bleche können sich unter Umständen schon bei geringen Teilen der endgültigen Bruchlast des Trägers ausbeulen und Wellen bilden und übertragen dann senkrecht dazu keine Kräfte mehr[17]). Die Federung des Tragwerks braucht dabei nicht zu leiden, bei Wegnahme der Last verschwinden die Wellen wieder und auch die Proportionalität zwischen Spannungen und Durchbiegungen bleibt trotz der Zusammensetzung aus teils oberhalb, teils unterhalb der Knickgrenze liegenden Teilen erhalten. Bei Blechträgern mit Versteifungen im Abstand von ½ bis 1/8 der Trägerhöhe bilden sich diese Wellen ganz gleichmäßig über der ganzen Stegfläche aus, Abb. 7 bis 10. Bei andern Verhältnissen tritt mitunter eine Zugdiagonale deutlich hervor und auf beiden Seiten wölbt sich das Blech muldenförmig ein.

Selbstverständlich gilt diese Eigenheit, daß von vornherein mit einem Ausknicken eines Teiles der Blechwand gerechnet wird, nicht in allen Fällen. Die Berechnung der mittragenden Breite bei nicht ausknickenden Blechbeplankungen und der Knickfestigkeit eingespannter Blechwände hat auch im Flugzeugbau genau wie im Schiffbau ihre Bedeutung. Dann müssen Verbeulungserscheinungen, da ja Druckkräfte übernommen werden sollen, verhindert werden — ebenso wie bei der zweiten Metallbauart, dem Metallfachwerkbau, d. h. dem Aufbau des Flugzeuges aus einem Traggerippe mit nicht tragender (meist Stoff-) Bespannung. Der Vorteil liegt in der leichteren Herstellung, Zugänglichkeit und besseren Wirtschaftlichkeit. In England und Frankreich spielt diese Bauweise eine hervorragende Rolle, in Deutschland ist sie seit dem Kriege vor allem von Albatros verfolgt worden; ihre volle Entwicklung und Durchbildung steht noch bevor.

Die Abmessungen solcher Fachwerke werden zum überwiegenden Teil durch die Druckkräfte und die Knickgefahr bestimmt. Damit entstehen zwei einander widersprechende Forderungen: einmal muß die Außenabmessung jedes Stabes möglichst groß sein, damit der Trägheitshalbmesser groß, der Schlankheitsgrad klein und die Knickspannung des Stabes als Ganzes möglichst hoch wird. Anderseits muß die Wanddicke möglichst groß sein, damit keine örtlichen Verbeulungen eintreten.

Man ist deshalb zu dünnen Querschnitten mit künstlich durch Wellen, Krümmungen usw. gesteigerter örtlicher Stabilität übergegangen, Abb. 1 bis 15. Der Zwang dazu ist um so größer, je schwerer und fester der Werkstoff ist — bei Stahl mehr als bei Duralumin und bei Duralumin mehr als bei Elektron —, daher stellen die englischen Stahlbauweisen wohl den Gipfelpunkt in der Verwendung dünnwandiger Querschnitte dar. Bei der Holmform nach Abb. 12 ist die Wanddicke des Teiles A mit 0,56 mm ausgeführt, die von B mit 0,456 mm und die von C mit 0,305 mm. Für Rumpfstäbe sollen sogar Stäbe ähnlich Abb. 15 mit Wanddicken von 0,152 bis 0,228 mm[18]) und 21 bis 36 mm Dmr. verwendet worden sein. Die Festigkeit solcher Holme und Stäbe ist von dem Verhältnis der Wanddicke zum Krümmungshalbmesser, der Einspannung an den genieteten Flanschen usw. natürlich

[17]) Vortrag Prof. Wagner und Dr. Tellers, Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt 1928, erscheint demnächst im Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt.
[18]) „Flight" Bd. 20 (1928) S. 116a.

Abb. 11 bis 15
Querschnitte englischer und französischer Metallholme und Rumpf-Fachwerkstäbe.

[15]) „Luftfahrtforschung" Bd. 1 (1928) S. 1.
[16]) Seewald, Jahrbuch der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt 1927 S. 61.

stark abhängig. Daraus erwächst aus der Dünnwandigkeit der Querschnitte das alles beherrschende Kennzeichen des Metallbaues für Flugzeuge: Die Festigkeit ist nicht nur eine Funktion des Werkstoffes, sondern auch der Querschnittform.

Bei schweißbaren Stahlrohren verbietet die Rücksicht auf die Zuverlässigkeit der Schweißung derart kleine Abmessungen. Praktische Grenzen sind etwa 0,5 mm Wanddicke bei Rippen usw., 1 mm bei stark beanspruchten Teilen (z. B. Rumpfgurten).

Bei Holz sind solche Querschnitte nicht möglich und nicht nötig. Bei mittleren Flugzeugen (etwa 2000 kg Fluggewicht) erhält man für Rippengurte z. B. Leisten von 7 × 7, 7 × 8 mm, also nicht übertrieben dünne und trotzdem leichte Stäbe. Ein Stahlrohr müßte, um im Gewicht gleich zu sein, bei 0,5 mm Wanddicke etwa 2,5 bis 3 mm Dmr. haben.

Sicherheitsgrade und Baustoffe

Nach der Feststellung der Außenlasten und der Ermittlung der inneren Spannungen ist die Wahl der zulässigen Beanspruchungen und die Festsetzung des erforderlichen Sicherheitsgrades der dritte große Aufgabenkreis der Flugzeugstatik. Das während des Krieges in Aufnahme gekommene, zum größten Teil bis heute beibehaltene, Verfahren besteht darin, daß man die im Betrieb auftretenden Lasten mit einer Sicherheitszahl vervielfacht und dann verlangt, daß das Flugzeug nicht vor dieser B r u c h l a s t zu Bruch geht. Dabei hat man aber den großen Nachteil, daß die wirkliche Betriebsicherheit zweier Flugzeuge mit gleicher Bruchlast oder auch verschiedener Teile eines Flugzeuges ganz verschieden sein kann, weil ja nach dem Verhältnis der Streckgrenze zur Bruchgrenze, oder je nachdem ob Zug- oder Knickbeanspruchung vorliegt, unzulässige bleibende Formänderungen bei ganz verschiedenen Bruchteilen der vollen Tragkraft auftreten können[19]). Heute ist man deshalb im Begriff, dieses Verfahren durch genauere Begrenzung der Formänderung unter Betriebslast — s i c h e r e r L a s t — zu ergänzen. Im Zusammenhang damit werden auch mehr und mehr die früher üblichen Bruchversuche durch Versuche im elastischen Bereich ersetzt. Sie gestatten, das gesamte Tragwerk in allen Richtungen zu beurteilen, während beim Bruchversuch meist nur die schwächste Stelle und die nicht immer mit Sicherheit gefunden werden kann[20]).

Dafür müssen allerdings auch die Eigenschaften der Baustoffe im elastischen und unteren Teil des plastischen Bereichs bekannt sein. Diese Aufgabe ist im Flugzeugbau besonders umfangreich, da sehr viele Baustoffe verwendet werden. Die wichtigsten sind:

1. H ö l z e r : Kiefer und amerikanische Fichte (Spruce) für Holme und Leisten, Esche für Holmklötze und Luftschrauben, Birke für Sperrholz, Linde für Flügelrippen, Nußbaum und Rüster für Luftschrauben.
2. L e i c h t m e t a l l e : a) Duralumin in Form von Rohren, Profilen, gewellten und glatten Blechen für alle tragenden Teile, daneben andre Aluminiumlegierungen wie Lautal, Konstruktal, Aluminiumgußlegierungen (Silumin),
   b) Magnesiumlegierungen (Elektron).
3. S t a h l - u n d S t a h l l e g i e r u n g e n : Schweißbarer Kohlenstoffstahl in Form von Blechen und Rohren für Gerippe, Streben, Beschläge, in Amerika statt dessen schweißbarer Chrom-Molybdänstahl, Stahl mit höherem C-Gehalt und legierte Stähle (Chromnickelstahl) für Achsen, Streben, Bolzen, Einzelteile oder in Gestalt aus Blechbändern gezogener Profile für Holme, Rumpfstäbe usw.

Holz ist der älteste im Flugzeugbau verwendete Werkstoff und bis heute viel benutzt. Die meisten deutschen Schul-, Sport- und Postflugzeuge (Arado SC I und II, Albatros L 75 und 76 usw.), die in diesem Jahre von der Luft-Hansa in Dienst gestellte Focke-Wulf-„Möwe" (Verkehrsflugzeug für 8 Fluggäste), die von den Heinkel-Werken erbauten Zeitungsflugzeuge, die Flugzeuge, auf denen die Ozeanflüge von Lindbergh, Byrd und Chamberlin durchgeführt wurden, viele der größten englischen Verkehrsflugzeuge verwenden Holz, mindestens für die Flügel, z. T. auch für andere Teile.

Die Entscheidung über seine Verwendung wird nicht durch seine statische Eignung allein beeinflußt, sondern durch seine Empfindlichkeit gegen Temperatureinflüsse (Verwendung in den Tropen), Wasseraufnahme (bei Schwimmern), bequeme Bearbeitung usw. Für ausländische Militärflugzeuge ist außerdem die Rohstoffversorgung im Kriegsfall von ausschlaggebender Bedeutung. Statisch vorteilhaft ist die Zugfestigkeit — Reißlänge 15,4 km gegen 14 bei Duralumin und 13 bei hochwertigem Stahl, alles im Mittel, wenn $\sigma_B = 10$, 40 und 100 kg/mm² und $\gamma = 0{,}65$, 2,8 und 7,85 gesetzt werden —, die größeren Querschnitte und die leichte Anpassung des Querschnitts an den wechselnden Momenten- oder Kraftverlauf; nachteilig sind, die großen Festigkeitsschwankungen je nach Wachstumsbedingungen, Feuchtigkeitsgehalt, Lage im Stamm sowie die Druckfestigkeit. Die Biegungsfestigkeit ist von der Querschnittform, z. B. Stärke des Druckgurtes und der Stege im Verhältnis zur Holmhöhe und -breite sehr stark abhängig[21]). — Formfaktoren spielen also wie im Metallbau eine Rolle.

In der Erforschung der Festigkeitseigenschaften der L e i c h t m e t a l l e ist von einer Reihe von Baufirmen viel Arbeit geleistet worden; jedoch wird darüber in der Regel wenig veröffentlicht. Über Lautal hat im Auftrage der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt B r e n n e r[22]) einen ausführlichen Beitrag geliefert. Als wesentlich wurde dabei neben der Korrosionsbeständigkeit, dem Verhalten bei Warmbehandlung, der Biegefestigkeit und Tiefziehbarkeit besonders der Verlauf der Spannungsdehnungskurve mit den daraus zu entnehmenden Werten der Bruch-, Elastizitäts- und Streckgrenze, sowie Dehnungszahl und Bruchdehnung, die Brinellhärte, die Kerbzähigkeit, die Festigkeit von Nietverbindungen und die Tragfähigkeit fertiger Bauteile (Flügelrippen) im Vergleich zu ähnlichen Duraluminbauteilen betrachtet.

Als Streckgrenze wurde dabei wie üblich die Spannung bei 0,2 vH bleibender Dehnung, als Elastizitätsgrenze dagegen, abweichend von den meisten sonstigen Begriffsfestsetzungen, die Spannung bei 0,02 vH bleibender Dehnung angesehen. Als Grenze der sicheren Last wird sie wahrscheinlich in Zukunft von Bedeutung werden, während der Eisenbrückenbau seine zulässigen Spannungen nach der Streckgrenze abstuft. Der Unterschied gegenüber der Streckgrenze beträgt 15 bis 20 vH; bei Duralumin ist

$$\frac{\sigma_{0,02}}{\sigma_B} \approx 0{,}54; \quad \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} \approx 0{,}64;$$

bei Lautal

$$\frac{\sigma_{0,02}}{\sigma_B} \approx 0{,}47; \quad \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} \approx 0{,}58 \text{ bis } 0{,}60.$$

Im großen und ganzen besteht nach Brenner zwischen Lautal und Duralumin kein sehr großer Unterschied hinsichtlich der Festigkeiten. Ein Vergleichsversuch, der vor einiger Zeit mit einem aus Konstruktal bestehenden Holm in den Albatros-Flugzeugwerken gemacht wurde, läßt vermuten, daß auch dieser Werkstoff ähnliche Werte erreicht.

Eine Zukunftsfrage ist die Einführung von E l e k t r o n. Probestücke genieteter Elektronträger für Luftschiffe und Flugzeuge waren auf der Werkstoffschau 1927 bereits zu sehen. Die Zugfestigkeit ist zweifellos sehr günstig, die Druckfestigkeit in dünnen Profilen muß noch geklärt werden. Von ihr wird es abhängen, ob hier dem Duralumin ein ernster Wettbewerb erwächst. Heute wird Elektron für Verkleidungen, Sitze usw. benutzt.

In der Verwendung der Leichtmetallegierungen für tragende Teile ist der Flugzeug- und Luftschiffbau vorangegangen, für Stahlbauteile konnte er statt dessen die vorhandenen Werkstoffe übernehmen. Den Antrieb zu darüber hinausgehenden technischen Arbeiten gab in erster Linie ein Sondergebiet — die Schweißung. Geschweißte Stahlrohre werden ihrer einfachen Herstellung wegen für

[19]) R ü h l, Illustr. Flugwoche Bd. 8 (1926) S. 196 u.f.
[20]) Vortrag T h a l a u, Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt 1928.
[21]) 180., 181. und 187. Ber. d. National Advisory Committee for Aeronautics.
[22]) „Luftfahrtforschung" Bd. 1 (1928) S. 35.

Abb. 16 Knickspannungskurve amerikanischer Stahlrohre.

a Flußstahlrohre,
b Chrom-Molybdän-Stahlrohre.

Abb. 17 Knickspannungskurve englischer Flugzeugbau-Stähle.

Rümpfe, Streben, Stiele, Leitwerke, Motorträger, Flügelrippen usw. viel eingebaut. Wenn sie ihre jetzige Bedeutung beibehalten sollen, wird indessen eine Verbesserung des Werkstoffes gegenüber den handelsüblichen Stahlrohren anzustreben sein. In den Vereinigten Staaten ist man in großem Umfang zu Chrom-Molybdän-Stahlrohren übergegangen; — ihre Schweißbarkeit ist gut, ihre Knickfestigkeiten im Vergleich zu handelsüblichen Rohren (mild steel) zeigt Abb. 16. Die Zugfestigkeit soll etwa 63 kg/mm² gegen 38, die Streckgrenze 42 gegen 25 kg/mm² betragen.

Für ungeschweißte Teile finden Stähle mit erheblich höherer Festigkeit Verwendung. Die Blechbänder, aus denen die englischen Profilstäbe hergestellt werden, haben eine Festigkeit von rd. 100 kg/mm², die Knickspannungskurve (nach Flight) zeigt Abb. 17.

Übersicht und Ausblick

Es ist ein langer Weg zurückgelegt worden, seitdem im Jahre 1910 festgestellt wurde, daß von 24 tödlichen Abstürzen 90 vH auf ein Versagen der Konstruktion zurückzuführen seien, und seitdem im Jahre 1912 in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt von einem unserer heute bekanntesten Flugzeugkonstrukteure gemahnt wurde, daß es eine Pflicht des Konstrukteurs sei, sich mit den auftretenden Kräften und den zulässigen Beanspruchungen zu beschäftigen, und daß es notwendig sei, „alle möglichen, namentlich aber die maximalen Beanspruchungen" in Betracht zu ziehen.

Der Weg ist in ungefähr 1½ Jahrzehnten zurückgelegt worden; ein längerer Weg liegt noch vor uns. Die Frage, welches der günstigste Baustoff sei, ob überhaupt ein Baustoff allein die Zukunft des Flugzeugbaues beherrschen wird, ist noch nicht entschieden. Die Vergrößerung der Flugzeuge wird durch die Gefahr des Anwachsens der Baugewichte die Bedeutung der Flugzeugstatik steigern; neue Erkenntnisse in der Erforschung der Werkstoffe und in der Verbesserung der Werkstattarbeit werden sie beeinflussen. Im Fortschritt der Flugtechnik wird sie eine maßgebende Rolle spielen müssen. [B 1952]

Über die dynamische Festigkeit von Flugzeug-Konstruktionsteilen[1]

Die statische Festigkeit von Flugzeug-Konstruktionsteilen im Betrieb ist durch die mit der Wirklichkeit gut übereinstimmenden Lastannahmen und Berechnungsverfahren, sowie durch praktische Belastungsversuche, die an den wichtigsten Bauteilen oder auch an ganzen Flugzeugen anläßlich der Lufttüchtigkeitsprüfung vorgenommen werden, genügend gewährleistet.

Bei dynamisch beanspruchten Konstruktionsteilen besteht heute noch eine gewisse Unsicherheit in der Ermittlung der äußeren Kräfte, die oft weder rechnerisch noch versuchsmäßig genau zu erfassen sind, weil sie vielfach von ganz unübersehbaren Einflüssen und Zufällen abhängen. Dynamische Belastungsversuche sind, besonders wenn es sich um Bauteile großer Abmessungen handelt, sehr umständlich und kostspielig. Das Verhalten der Baustoffe unter dynamischen Beanspruchungen ist noch nicht genügend erforscht, um allen praktisch vorliegenden Verhältnissen in befriedigendem Maße Rechnung tragen zu können. In der Luftfahrt hat man Meßverfahren zur Bestimmung der dynamischen Kräfte im Betrieb entwickelt. Die Ergebnisse einiger Messungen an Flugwerk- und Triebwerkteilen werde ich demnächst hier mitteilen.

Dem Verhalten der Baustoffe auf dynamische Beanspruchungen, besonders was Dauerfestigkeit anbelangt, hat man im Flugzeug- und Motorenbau erhöhte Beachtung zugewandt. Richtlinien für die Wahl der zulässigen Anstrengung von Baustoffen bei Ermüdungsbeanspruchung mit und ohne statische Vorspannung sind in den Bauvorschriften für Flugzeuge enthalten.

Einige Beispiele von Dauerbrucherscheinungen aus dem Flugbetrieb geben Hinweise auf Mittel und Wege zur Erhöhung der Sicherheit von Konstruktionsteilen gegen ungenügende dynamische Festigkeit: Berücksichtigung aller rechnerisch erfaßbarer dynamischer Beanspruchungen, denen ein Konstruktionsteil im Betrieb unterworfen sein kann; Ausbau der Meßverfahren zur Ermittlung der im Betrieb auftretenden dynamischen Beanspruchungen; möglichst weitgehende Ausschaltung von Schwingungsbeanspruchungen durch entsprechende Wahl der Eigenschwingungszahl von Baugliedern oder durch Anwendung von Schwingungsdämpfern; Prüfung der verwendeten Werkstoffe auf ihre Ermüdungsfestigkeit, und zwar möglichst unter den Bedingungen, wie sie bei dem betreffenden Bauteil vorliegen; Auswahl und Entwicklung von Baustoffen mit guter Ermüdungsfestigkeit und Dämpfungsfähigkeit; Berücksichtigung der Form und Abmessungen von Konstruktionselementen bei Anwendung der an einfachen Probestäben ermittelten Ermüdungszahlen, nötigenfalls Vornahme von Versuchen mit Konstruktionselementen oder ganzen Bauteilen; Vermeidung von Stellen übermäßiger Spannungserhöhung, sorgfältige Bearbeitung und Behandlung der auf Ermüdung beanspruchten Konstruktionsteile, Anwendung geeigneter Oberflächenschutzmittel bei Bauteilen aus nicht korrosionsbeständigen Werkstoffen. [N 2048]

Berlin-Adlershof Paul Brenner

[1] Vorgetragen in der Tagung für Maschinenelemente, veranstaltet vom Verein deutscher Ingenieure in Dresden am 26. September 1928. Der Vortrag erscheint demnächst im vollen Wortlaut in dieser Zeitschrift.

Flugzeuge der elften Pariser Luftfahrt-Ausstellung

Von Dr.-Ing. F. Goßlau, Berlin

Die Pariser Ausstellung ist auch in diesem Jahr eine vorwiegend militärische geblieben. Deutschland hatte daher auch keine Verkehrs-, sondern nur bekannte Post-, Schul- und Sportflugzeuge zur Schau gestellt. — Die französischen Kriegsflugzeuge werden kurz gekennzeichnet. — Das Mehrmotorenflugzeug ist häufiger geworden. Die Verwendung luftgekühlter Sternmotoren hat weiter zugenommen. — Amiot und Fokker zeigen das neue, starke, einmotorige Fernaufklärungsflugzeug mit mehrköpfiger Besatzung. Daneben sah man mehrsitzige Schulflugzeuge mit starkem unterteiltem Triebwerk und sorgfältig verbessertem Schußfeld. Unter anderem wendet sich auch Nieuport dem Ganzmetallbau zu und zeigte einen Hochsee-Torpedo-Eindecker. — Sonderflugzeuge für den Luftkampf in großen Höhen.

Abb. 1
Die elfte Pariser Luftfahrt-Ausstellung. Gesamtansicht der Stände, im Vordergrund die deutsche Abteilung.

Die Pariser Luftfahrt-Ausstellung vom 29. Juni bis 15. Juli 1928 wäre eigentlich erst im Dezember zu erwarten gewesen. Offenbar war aber den Franzosen daran gelegen, der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung in Berlin zuvorzukommen.

Diese zwei Ausstellungen, die beide die Flugtechnik zum Gegenstand haben, zeigen dennoch ein grundverschiedenes Gesicht und werden es wahrscheinlich auch behalten. „Paris" wird nach dem Eindruck, den man in den letzten Jahren im Grand Palais gewinnen mußte, nach wie vor eine vorwiegend militärische Angelegenheit bleiben. Die deutschen Aussteller, diesmal nach 15 Jahren wieder in Paris vertreten, haben mit Recht keine Anstrengungen gemacht, den Charakter der französischen Ausstellung durch Beschickung mit Verkehrsflugzeugen zu verändern. Vielmehr hatte Heinkel mit dem Baumuster HE 5 e, dem unter Einbau eines BMW VI-Motors nur wenig veränderten Sieger des Deutschen Seeflug-Wettbewerbes 1926[1]), Albatros mit seinem Baumuster L 75 a, Aß[2]), und Arado mit dem Baumuster SC II Flugzeuge ausgestellt, die, wie auch das Baumuster Flamingo der Bayerischen Flugzeugwerke und das kleine Daimler Flugzeug, Baumuster L 25, in Deutschland als Schul-, Post- und Sportflugzeuge gut bekannt sind. Auch das Junkers-Flugzeug, Baumuster W 33, von der Bauart der Bremen[3]), Abb. 1, paßte sich diesem Rahmen der deutschen Abteilung an. Mit Rücksicht auf die Internationale Luftfahrt-Ausstellung Berlin, die hauptsächlich das friedlichen Zwecken dienende Flugzeug zeigen wird, das uns in Deutschland zur Zeit fast ausschließlich interessiert, während wir den Kriegsflugzeugen gegenüber heute nur eine beobachtende Stellung einzunehmen vermögen, kann man sich auf eine nur kurze Besprechung der Kampfflugzeuge der Pariser Ausstellung beschränken.

Die Firma Société Blériot Aéronautique, Paris, zeigte ein als Schutzflugzeug gedachtes Kampfflugzeug, Baumuster 127, Abb. 2 bis 5, das mit zwei 500 PS-Hispano-Suiza-Motoren ausgerüstet ist. Der freitragende, ganz in Holz gebaute (die Flächen sind mit Stoff bespannt) Hochdecker hat in seiner Rumpfspitze einen Maschinengewehrturm. Außerdem ist in den beiden seitlichen Motorengondeln hinter dem Flügel je ein Maschinengewehrturm so eingebaut, daß das Schußfeld keinen toten Winkel aufweist. Daneben zeigte Blériot einen einstieligen Doppeldecker, Baumuster Spad 91, mit einem 500 PS-Hispano-Suiza-Motor als Jagdeinsitzer durchgebildet. Die Tragflächen hat Blériot gestaffelt, vier Querruder sind für bessere Steuerfähigkeit und höhere Sicherheit gegen Schußverletzungen eingebaut. Das Metallgerüst des Flugzeuges ist mit Stoff bespannt. Blériot beschäftigt sich zur Zeit mit der Herstellung eines während des Fluges einstellbaren Propellers und der Weiterentwicklung des elastischen Rades.

Mit dem „Nungesser-Coli" getauften Flugzeug zeigte die Firma Bréguet in ihrem Baumuster 19 ein mit einem 500/600 PS-Hispano-Suiza-Motor ausgerüstetes Lang-

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1641 u. f. [2]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 27 S. 962.
[3]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 17 S. 575 und S. 1435 dieses Heftes.

Abb. 2 bis 5 Kampfflugzeug der Firma Société Blériot Aéronautique, Baumuster 127, Bauweise: Holz und Stoff. Flügel trapezförmig, freitragend, drei Maschinengewehrtürme, Einrichtungen für Beobachtung und Bombenwurf. Geschwindigkeit 230 km/h, Gipfelhöhe 8100 m.

streckenflugzeug, das verkleidete Räder und Sitze, vergrößerte Tragflächen und Zusatzbrennstoffbehälter von 3500 l Gesamtinhalt besitzt. Mit diesem Flugzeug sind die Strecken Paris – Omsk (4700 km), Paris – Djask (5650 km) in einem Fluge durchflogen worden. Außerdem haben Costes und Le Brix hiermit ihren Weltflug durchgeführt. Insgesamt hat das Flugzeug in 650 Flugstunden 12 000 km zurückgelegt.

Einen Kampfeinsitzer für den Luftkampf in großen Höhen hat die Firma The Bristol Aeroplane Co., Ltd., Bristol, ausgestellt. Der mit einem Bristol-Jupiter-Motor ausgerüstete Doppeldecker, Abb. 6, hat Metallgerüst und ist mit Stoff bespannt. Er erreicht in 12 min 6100 m Höhe und entwickelt dort noch eine Geschwindigkeit von 324 km/h. Die Bewaffnung besteht aus zwei Vickers-Maschinengewehren und 1200 Schuß Munitionsvorrat.

Der Motorvorbau kann abgenommen werden. Im Oberflügel hat man einen Falltank eingebaut. Atmungsgerät, Anlage zur Erzeugung von elektrischem Strom und Bordfunkgerät vervollständigen die Einrichtung. Der Rumpf ist im Vorderteil aus Stahlrohren, Abb. 6, im rückwärtigen Teil aus röhrenförmig zusammengesetzten Blechen aufgebaut. Im Vorderrumpf sind die Stahlrohre in den Knotenpunkten durch Formstücke verstärkt und durch seitliche Knotenbleche verbunden, Abb. 7. Im hinteren Rumpfe liegen die Knotenbleche in den Nähten der röhrenförmig zusammengenieteten Blechstreben, Abb. 8. Eine Öldämpfung dient zur Abfederung des Fahrgestells, Abb. 9 und 10. Die Flügel im üblichen Zweiholmbau sind am festen Mittelteil aufgehängt, wobei die Steuerkabel für die Querruder am Oberflügel im Innern des Unterflügels laufen und von hier durch Stromliniendrähte fortgesetzt werden.

Das von René Couzinet entworfene Flugzeug, Baumuster TD der Letora-Flugzeugwerke, ein mit drei je 230 PS leistenden Hispano-Suiza-Motoren in stromlinienrechter Verkleidung ausgerüsteter Hochdecker, ist ganz in Holz hergestellt, Abb. 11 bis 13, und für einen Transozeanflug bestimmt, jedoch bei einem Probeflug vor wenigen Wochen verunglückt. In dem ovalen, als Schwimmkörper mit Schotten ausgebildeten Rumpf, liegen die beiden Führersitze hinter dem vorn im Rumpf eingebauten Motor. Durch Kriechgänge kann man die in den Tragflächen eingebauten Seitenmotoren erreichen. Die sieben in den Flügeln untergebrachten Brennstoffbehälter können mittels Druckluft schnell entleert werden. Das Fahrgestell bilden zwei voneinander unabhängige, abgefederte, hosenartig verkleidete Räder unter den Seitenmotoren. Das Leitwerk ist mit Sperrholz beplankt, die Höhenflosse einstellbar; sämtliche Ruder sind unentlastet.

Ein Fernaufklärungs- und Bombenflugzeug, mit zwei hintereinander angeordneten, ins langsame übersetzten

Abb. 6. Kampfeinsitzer der Firma The Bristol Aeroplane Co., Ltd., Bristol, mit luftgekühltem Bristol-Jupiter-Flugmotor. Bauweise: Metall und Stoff. Bewaffnung: 2 Maschinengewehre.

Abb. 7
Ansatz der Fahrgestell-Teleskop-Strebe.

Abb. 9 und 10
Fahrgestell des Bristol-Doppeldeckers mit Öldämpfung.

Abb. 8
Zusammengesetzte Rohrstreben mit Knotenblechen.

Abb. 7 und 8
Rumpfknotenpunkte des Bristol-Doppeldeckers.

Abb. 11 bis 13
Transozeanflugzeug der Firma Letora-Flugzeugwerke, Baumuster TD, Konstrukteur René Couzinet, mit drei 230 PS-Hispano-Suiza-Motoren. Baustoff: Holz. Sehr gefällige Formgebung.

480 PS-Motoren ausgerüstet, als Doppeldecker-Flugboot in Holz gebaut, zeigt in ihrem Baumuster 53, Abb. 14 und 15, die Firma Chantiers Aero-Maritimes de la Seine (C. A. M. S.), Paris. Der in Holz hergestellte Motorunterbau ist gegen den Rumpf durch 12 Streben abgefangen. Die Motorgondel ist während des Fluges zugänglich. Vorn im Rumpf ist ein Maschinengewehrstand eingebaut; dann folgen die Führersitze, der Raum für Funker und Orter, der Raum für Hilfsbehälter und Bildgerät und bereits hinter dem zweiten Motor liegend, ein weiterer Maschinengewehrturm. Das Flugboot erreicht in 30 min 3000 m Höhe und kann dort 200 km/h zurücklegen. Höchstes Fluggewicht beträgt 7000 kg. Ganz ähnliche Bauweise zeigt das Verkehrsflugboot, Baumuster 55, Abb. 16, dieser Firma. Gipfelhöhe beträgt 5000 m, Reisegeschwindigkeit 170 km/h, Flugbereich 1000 km, zulässiges Fluggewicht bei wagerechtem Flug in 500 m Höhe mit Brennstoff für 400 km 5650 kg.

Der mit einem 500 PS-Hispano-Suiza-Motor ausgerüstete Kampfeinsitzer, Baumuster D 27, der Firma Dewoitine, Chatillon, Abb. 17 bis 19, ein Hochdecker mit guter Sicht nach vorn, ist in Metall hergestellt, nur die Flächen sind mit Stoff bespannt. Das Fahrgestell mit Gummiabfederung hat eine geteilte Achse. Das mit abwerfbarem Brennstofftank im Rumpf ausgerüstete Flugzeug entwickelt eine Geschwindigkeit von 300 km/h in Bodennähe.

Einen Verkehrsdoppeldecker mit zwei hintereinander im Oberflügel eingebauten, je 500 PS leistenden Farman-Motoren zeigte die Firma H. & M. Farman, Abb. 20 bis 23. Das Flugzeug ist aus Holz hergestellt, die eckigen Tragflächen sind mit Stoff bekleidet. Im Rumpf liegen vorn die Führersitze, Abb. 23, dann folgt eine geräumige Kabine in den Abmessungen $8 \times 2{,}35 \times 1{,}8$ m für 17 bis

Abb. 14 und 15
Fernaufklärungs- und Bombenflugboot. Baumuster 53 der Firma C. A. M. S., ausgerüstet mit zwei 480 PS-Bristol-Jupiter-Motoren. Baustoff: Holz. Bewaffnung: 2 Maschinengewehre.

Abb. 16
Verkehrsflugboot. Baumuster 55 der Firma C. A. M. S. mit zwei 500 PS-V-Motoren.

RZ 1874 Z 17÷19

Abb. 17 bis 19
Kampfeinsitzer, Baumuster D 27, der Firma Dewoitine mit 500 PS-Hispano-Suiza-Motor. Baustoff: Metall und Stoff. Geschwindigkeit in Bodennähe: 300 km/h.

22 Fluggäste. Der Stauraum hat einen Inhalt von 5 m³. Bei dem Muster F 180 unterscheidet man drei Bauarten, je nach dem Flugbereich, für 500, 1000 und 1500 km. Die Reisegeschwindigkeit beträgt 170 km/h. Farman zeigte ferner einen kleinen als Verkehrsflugzeug gebauten Hochdecker, Baumuster F 190, ausgerüstet mit einem luftgekühlten 230 PS-Gnome-Titan-Motor, für einen Flugzeugführer und vier Fluggäste. Bei dem in Holzbauweise hergestellten Flugzeug ist die Fläche durch zwei Stahlstreben gegen Rumpf und Fahrgestell abgestützt. Abb. 24 zeigt Führerraum und vorderen Maschinengewehrstand des Baumusters Goliath. Das Flugzeug wird neuerdings für erhöhten Flugbereich, bei größerer Nutzlast, mit zwei je 500 PS leistenden Farman-Motoren ausgerüstet.

Fokker zeigte sein Baumuster C VIII, einen Hochdecker für Fernaufklärung, ausgerüstet mit einem 450/670 PS-Hispano-Suiza-Motor. Die Rumpfkonstruktion aus zusammengeschweißten Stahlrohren trägt die einschließlich der Haut aus Holz hergestellten Flügel. Die Besatzung bilden ein Flugzeugführer und zwei Maschinengewehrschützen; die Bewaffnung besteht aus zwei fest eingebauten, nach vorn feuernden Maschinengewehren und je einem beweglichen nach oben und unten. Das Flugzeug steigt in 25 min 25 s auf 5000 m, die Gipfelhöhe beträgt 5800 m, der Flugbereich 650 km, die Geschwindigkeit 228 km/h, das Fluggewicht 2400 kg.

Bei dem Übungsflugzeug für Führer und Beobachter, Baumuster H 43, der Firma Hanriot, Billancourt, einem Doppeldecker mit luftgekühltem 260 PS-Salmson-Motor, Baumuster CM 9, ist der Rumpf aus Duraluminrohren, die Flügelholme sind aus Duralumin, die Rippen aus Holz und die Querruder aus Metall hergestellt. In dem mit auswechselbarer Doppelsteuerung eingerichteten Flugzeug sind Funkgerät, Bildgerät, Maschinengewehrturm, Nachtflugausrüstung eingebaut. Fluggewicht: 1250 kg, Geschwindigkeit: 85/197 km/h. Der in gemischter Bauweise, Flügel ganz aus Holz, Rumpf ganz aus Metall, hergestellte Schulzweisitzer, Baumuster H 46, der Firma wird auch als Sanitätsflugzeug für zwei Kranke, oder als Verkehrsflugzeug für drei Fluggäste mit heizbarer, schalldichter Kabine, gebaut. Die Geschwindigkeit des Flug-

FARMAN

Abb. 20 bis 22
Verkehrsdoppeldecker von H. & M. Farman mit zwei je 500 PS leistenden Farman-Motoren für zwei Führer und 17 bis 22 Fluggäste. Baustoff: Holz und Stoff. Strebenkühler.

RZ 1874 Z 21 u. 22

Abb. 21 und 22
Auffällig weit vorgezogener Rumpf. Schmalspuriges Fahrgestell von geringer Höhe.

Abb. 23
Führerraum des Farman-Verkehrsdoppeldeckers, vollständig geschlossen, aber mit guter Sicht.

Abb. 24
Führerraum und vorderer Maschinengewehrstand des Baumusters Goliath der Firma H. & M. Farman. Abwurfhebel für die Bomben; oben Rollverschluß des Rumpfes.

zeuges beträgt 55/155 km/h. Es erhält, je nach den Anforderungen, ein 80 bis 150 PS leistendes Triebwerk.

Der von der Firma P. Levasseur, Paris, gebaute leichte Kampfzweisitzer ist für Katapultstart, gegebenenfalls vom Flugzeug-Mutterschiff, ausgebildet. Das als verspannter Eineinhalbdecker gebaute Flugzeug kann bei einer etwaigen Notlandung auch auf das Wasser niedergehen. Unter dem Stiel an den Flügelenden der unteren Tragflächen hat es zu diesem Zweck je einen Schwimmer. Das Flugzeug ist mit einem 450 PS leistenden Motor ausgerüstet. Das Bomben- und Torpedo-Flugzeug der gleichen Firma, mit zwei oder drei Sitzen, hat abklappbare Flügelenden, um das Flugzeug auch auf Flugzeug-Mutterschiffen verwenden zu können. Es ist für die Küstenverteidigung entworfen und wird je nach seinem Unterbau, als Land- oder Wasserflugzeug benutzt. Das Untergestell für die Wasserung ist abwerfbar. Holz und Stahl dienen als Baustoffe; das Triebwerk besteht aus einem 500 bis 600 PS leistenden Motor.

Das Zweischwimmer-Flugzeug der Firma Loire-Gourdour-Leseurre, Paris, Baumuster L 2, ähnelt in seinem Aufbau dem Hansa-Brandenburg-Seekampfeinsitzer. Der aus Holz hergestellte Flügel ist mehrfach abgefangen; in ihm sind die Brennstoffbehälter eingebaut. Den Rumpf bildet eine Stahlrohrkonstruktion; er ist durch Stahlstreben gegen die Holzschwimmer abgestützt. Das Flugzeug ist mit einem Doppelmaschinengewehr und mit Funk- und Bildgerät ausgerüstet. In rd. 400 m Höhe entwickelt es eine

RZ1874Z25

Abb. 25
Unverkleideter Rumpf- und Flügelaufbau des Bombenflugzeuges der Firma Lioré & Olivier, Paris, mit zwei 420 PS-Bristol-Jupiter-Motoren. Baustoff: Metall und Stoff. Bewaffnung: 5 Maschinengewehre.

Abb. 26 bis 28
Eindecker-Flugboot, Baumuster H 18, der Firma Lioré & Olivier mit luftgekühltem 120 PS-Salmson-Motor. Bauweise: Holz und Stoff.

Geschwindigkeit von 130 bis 180 km/h. Das Baumuster 32 C der gleichen Firma ist bisher 240 mal als Jagdeinsitzer geliefert worden. Der mit einem 600 PS-Hispano-Suiza-Motor ausgerüstete Hochdecker zeigt gemischte Bauart. Hauptgerüst und Fahrgestell sind aus Metall, die Rippen aus Holz hergestellt. Den Brennstoffbehälter im Vorderrumpf hat man mit Schnellentleerung versehen. Die Bewaffnung besteht aus vier Maschinengewehren. Das Flugzeug kann 252 kg Brennstoff und 33 kg Öl mitnehmen und in 12 min auf 5000 m steigen. Seine Geschwindigkeit beträgt 240 km/h, die Gipfelhöhe 9750 m.

In großen Serien hat die Firma Lioré & Olivier Paris, ihr Bombenflugzeug, Abb. 25, einen Doppeldecker in Metallbau, ausgerüstet mit zwei 420 PS-Jupiter-Motoren, an die französische Luftflotte geliefert. Die Holme sind aus reckteckigen Rohren hergestellt. Die Motoren ruhen abnehmbar auf dem Unterflügel. Die Bewaffnung besteht aus fünf Maschinengewehren, zwei vorn und drei hinten, davon zwei oben und eines unter dem Rumpf. Setzt sich die Besatzung des Flugzeuges aus drei Mann zusammen, so werden alle hinteren Maschinengewehre von dem gleichen Schützen bedient. Bomben bis zu einem Gewicht von 500 kg können mitgenommen werden. Das Baumuster 21 zeigt die gleiche Bauweise, dient aber als Verkehrsflugzeug in ständigem Dienst zwischen London und Paris; zwei Kabinen fassen 12 Fluggäste.

Ein der Rohrbach-Robbe ähnliches Eindecker-Flugboot, Abb. 26 bis 28, zeigt das Baumuster H 18; es wird jedoch nur von einem einzigen, auf Stützen über den Flügeln ruhenden, luftgekühlten 120 PS-Salmson-Motor mit Druckpropeller angetrieben. Der in Holzbauweise in einem Stück hergestellte trapezförmige, freitragende Flügel ist mit vier Bolzen am Boot befestigt, das, ebenfalls aus Holz, einen ebenen Boden zeigt. Zwei seitliche Stützschwimmer sind am Flügel befestigt. Die Brennstoffbehälter liegen im Flügel und Boot.

Das leichte Jagdflugzeug der Firma Morane-Saulnier. Puteaux, ein Hochdecker, hat einen mit vier Bolzen befestigten, leicht auswechselbaren Motorvorbau. Eingebaut wird ein 400 PS-Hispano-Suiza-Motor oder ein 600 PS-Gnôme-Rhône-Jupiter-Motor.

Ein leichtes Jagdflugzeug in Ganzmetallbauweise hatte die Firma Nieuport-Delage in ihrem Baumuster 72 CI, Abb. 29, ausgestellt; seine Zelle besteht aus großem Ober- und kleinem Unterflügel. Der Rumpf von ovalem Querschnitt enthält eine Reihe von U-förmigen Duralumin-Längsholmen. An den Längsholmen des Motorunterbaues, die bis zum Führersitz reichen, ist die Steuerung befestigt. Der mit Metall bekleidete Oberflügel ist durch einen Y-Stiel gegen das Fahrgestell abgestützt. Die Fahrgestellstreben sind aus Duralumin hergestellt und haben an den Knotenpunkten Stahlformstücke. Die Querruder werden durch Verdrehungswellen betätigt. Der 500 PS leistende, vorn in das Flugzeug eingebaute Hispano-Suiza-Motor ist stromlinienrecht verkleidet. Die in den Flügeln und im Rumpf liegenden Brennstoffbehälter kann man im Fluge abwerfen. Zwei Kühler sind am Unterflügel befestigt. Die Bewaffnung besteht aus zwei Maschinengewehren.

Ein Jagdflugzeug für große Höhen mit 30,85 m² tragender Fläche (Baumuster 72 CI hat nur 28 m²) ist das Baumuster 62 CI der gleichen Firma. Die Geschwindigkeit am Boden beträgt 270 km/h, in 7000 m Höhe bei 1945 U/min des Motors 244 km/h; in 13 min 22 s erreicht es 5000 m Höhe, in 37 min 15 s 7700 m. Das Gewicht einschließlich aller Bordgeräte, Maschinengewehre, Heizung, Fallschirm, Feuerlöscher, Atmungsgerät, Kühlwasser und Behälterschutz beträgt 1398 kg, wobei dann das Gewicht des Führers, einschließlich Munition, 150 kg nicht übersteigen darf.

Das ganz in Metall hergestellte viersitzige Marineflugzeug, Baumuster 50 HB 4, Abb. 30 bis 32, ist als halbfreitragender Eindecker mit zwei Duraluminschwimmern zu je sechs Einzelkammern gebaut und mit zwei 480 PS-Jupiter-Motoren ausgerüstet. Der rechteckige Rumpf hat vier Längsholme; die trapezförmigen Flügel sind an besonderen Stummeln befestigt, die aus dem Rumpf herauswachsen. Als Flügelhaut ist Stoff gewählt. Die Tragfläche hat lange, schmale Querruder. Im Mittelstück sind die Motoren fest eingebaut. Die Brennstoffbehälter kann man abwerfen. Das Fluggewicht beträgt etwa 7000 kg, einschließlich vollständiger Ausrüstung für Nachtflüge. Das Flugzeug wird auch mit Fahrgestell verwendet.

„Das bedeutendste französische dreimotorige Flugboot" ist das Baumuster E 5 der Firma Société Provençale des Constructions Aéronautiques, Paris (S. P. C. A.), bestimmt für Fernaufklärung und Bombenwurf. Das vollständig aus Metall hergestellte Boot ist mit drei 420 PS-Jupiter-Motoren ausgerüstet und in Duralumin gebaut. Zwei seitliche Stützschwimmer sind an dem Flügel angeordnet. Die Holme des hochliegenden abgestützten Flügels bestehen aus Stahl, die Rippen aus Duralumin; das Gerüst ist mit Stoff bespannt. Kriechgänge im Flügel ermöglichen die Wartung der Motoren. Alle Steuerorgane können während des Fluges nachgeprüft werden. 4500 m erreicht man in 30 min. Als Verkehrsflugzeug ausgebildet, kann es mit 1500 kg Nutzlast 1000 km weit fliegen.

Der mehrsitzige Hochdecker für Fernaufklärung und Bombenabwurf, Baumuster 35, der Firma H. Potez, Méaulte, Abb. 33, ist durch die geschlossene Kabine be-

Abb. 29
Ganzmetall-Jagdflugzeug, Baumuster 72 CI, der Firma Nieuport-Delage mit 500 PS-Hispano-Suiza-Motor.

Abb 30 bis 32
Viersitziger halbfreitragender Ganzmetall-Marineeindecker, Baumuster 50 HB 4, der Firma Nieuport Delage mit zwei 480 PS-Jupiter-Motoren für Bomben- und Torpedo-Angriff.

Abb. 32
Marineflugzeug von Nieuport-Delage.

merkenswert, deren Form zunächst ein Verkehrsflugzeug vortäuscht. Der Flügel ist gegen den Rumpf mit zwei Stielen abgefangen. Holme und Rippen sind aus Holz hergestellt. Die Triebwerksätze können leicht abgenommen werden. Die Leitflächen sind im Fluge verstellbar. Die Bewaffnung besteht aus fünf Maschinengewehren, eines vorn, zwei im hinteren Turm, und je eines nach hinten und vorn unter dem Rumpf.

Das Verkehrsflugzeug, Baumuster 190 T, der Firma Société des Avions Bernard, La Courneuve, ein freitragender Hochdecker mit 420 PS-Jupiter-Motor ist eine Weiterentwicklung des Baumusters 18 T und ähnelt dem deutschen Flugzeug, Baumuster Möwe, der Firma Fokke-Wulf. Der gutgeformte Holzrumpf ruht auf einem breiten Fahrgestell ohne Achse. Die Brennstoffbehälter können im Fluge abgeworfen werden. Hinter den mit Doppelsteuerung ausgerüsteten Führersitzen liegt die Fluggastkabine für acht Personen.

Der Jagdeinsitzer, Baumuster 20 CI, derselben Firma, mit 400 PS-Hispano-Suiza-Motor, ist ganz aus Holz gebaut, Abb. 34. Die Flügel wachsen in mittlerer Höhe aus dem Rumpf heraus. Der Gesamtaufbau zeigt sehr gute Bauformen. Die Geschwindigkeit am Boden beträgt 325 km/h, die Gipfelhöhe 9250 m. Das Baumuster V 2 der gleichen Firma hält seit drei Jahren den Geschwindigkeitsrekord für Landflugzeuge.

Der leichte Jagdeinsitzer, Baumuster 110 CI, der Firma L'Avion Amiot, Colombes, Abb. 35 und 36, ausgerüstet mit einem 500 PS-Hispano-Suiza-Motor, ist ein Ganzmetallflugzeug einschließlich der Flügelhaut. Der Flügel ist an einem von zwei V-förmig gegeneinander geneigten Endstielen gebildeten Baldachin befestigt und außen durch zwei N-Streben abgestützt. Die abwerfbaren Brennstoffbehälter sind am Boden des Rumpfes befestigt und bilden zwei kleine Hilfsflügel, eine sehr beachtenswerte Lösung! Die Federung des Fahrgestells liegt allein in den Luftreifen. Die Geschwindigkeit am Boden beträgt 296 km/h. In 6 min können 4000 m erreicht werden; Gipfelhöhe 8000 m.

Abb. 33
Hochdecker für Fernaufklärung und Bombenabwurf, Baumuster 35, der Firma H. Potez mit zwei wassergekühlten V-Motoren. Bauweise: Gemischtbau mit Stoffbekleidung. Geschwindigkeit: 250 km/h.

Abb. 34
Leichter Jagdeinsitzer 20 CI, der Firma Société des Avions Bernard mit 400 PS-Hispano-Suiza-Motor. Baustoff: Holz.

Abb. 35 und 36
Jagdeinsitzer, Baumuster 110 CI, der Firma L'Avion Amiot mit 500 PS-Hispano-Suiza-Motor. Baustoff: Ganzmetall.
Die kleinen Hilfsflügel am Rumpf sind abwerfbare Brennstoffbehälter.

RZ 1874 Z 40 u. 41

Abb. 37 und 38
Aufklärungs- und Kampfhochdecker, Baumuster 121 C 2, der Firma M. Wibault mit 580 PS-Hispano-Suiza-Motor. Baustoff: Ganzmetall.

Das Baumuster 122 ist ein mit einem 650 PS-Farman-Motor (übersetzt ins langsame) ausgerüsteter großer Doppeldecker für Fernaufklärung und Bombenwurf. Das auf der Ausstellung gezeigte Flugzeug war die erste Ausführung der neuen, großen, einmotorigen Heeresflugzeuge. Das Gerüst ist ganz aus Metall hergestellt. Die Zielvorrichtung für die Bomben ist innerhalb des Rumpfes eingebaut. Der Bombenwerfer kann bei der Steuerung des Flugzeuges unmittelbar mitwirken. Die Bombeneinschläge werden selbsttätig photographiert.

Das Baumuster 121 C 2 der Firma M. Wibault, Paris, Abb. 37 und 38, ein Aufklärungs- und Kampfhochdecker, ausgerüstet mit 580 PS-Hispano-Suiza-Motor, ist ganz in Metall hergestellt. Der Zweisitzer ist bewaffnet mit zwei gesteuerten, zwei Flügel- und zwei drehbaren Maschinengewehren. Das ölgedämpfte Fahrgestell hat keine Achse. Alle Prüfungen des letzten Zweisitzer-Wettbewerbs des französischen Kriegsministeriums hat nur dieses Flugzeug bestanden. Der leichte Jagdeinsitzer, Baumuster 170 CI, ausgerüstet mit 580 PS-Hispano-Suiza-Motor, ein Hochdecker mit mehrfach abgestütztem Flügel und gut verkleidetem Motor, ist mit zwei gesteuerten Maschinengewehren bewaffnet.

Der Jagdeinsitzer, Baumuster BH 33 der Firma Avia, Prag, ein Doppeldecker mit einem N-Stiel und 480 PS-Jupiter-Motor, entwickelt bei 420 kg Nutzlast am Boden 275 km/h Geschwindigkeit. Das Fahrgestell des Flugzeuges ähnelt der Bauart Fokker. In 7 min 50 s steigt es auf 5000 m Höhe und hat hier 260 km/h Geschwindigkeit. In 25 min erreicht man 8000 m Höhe. Die Gipfelhöhe beträgt 10 000 m.

Die Firma Ateliers des Mureaux, Paris, zeigte ein Baumuster 3 C 2, einen Hochdecker mit einem N-Stiel, Abb. 39, als Jagd- und Aufklärungs-Zweisitzer mit Nachtbeleuchtung gebaut. Das Gerüst ist im Dreieckverband vollständig aus Metall hergestellt. Äußerst verwickelt ist das Fahrgestell. Das Flugzeug kann mit einem luft- oder wassergekühlten 500 PS-Motor ausgerüstet werden. Seine Geschwindigkeit beträgt 224 km/h; es erreicht in 19 min 18 s 5000 m.

Bei den Italienern sah man den verbesserten Macchi-Renneindecker, Abb. 40, mit 12 zylindrigem 1000 PS-Fiat-Motor, mit dem einige Zeit nach dem Internationalen Seeflugzeugrennen in Venedig[4]) der Geschwindigkeitsrekord für Seeflugzeuge auf 512,77 km/h erhöht wurde. Die Schwimmerzwischenstreben sind jetzt nach dem Vorbild des englischen Siegers in Venedig, dem Supermarine S 5, weggefallen und durch Stromliniendrähte ersetzt worden. Auch die Tragflächen wurden etwas verkleinert. Dieses Flugzeug wird auch auf der Ila zu sehen sein und gehört mit zu den beachtenswertesten der Ausstellung.

Daneben zeigte Italien ein Savoia-Doppelflugboot, Abb. 41, eine eigenartige Konstruktion mit sehr günstigem Schußfeld der vier Doppel-Maschinengewehre. [B 1874]

[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1733.

Abb. 41
Savoia-Doppelflugboot mit ausgezeichnetem Schußfeld für vier Doppelmaschinengewehre.

RZ 1874 Z 42

Abb. 39
Jagd- und Aufklärungshochdecker, Baumuster 3 C 2 der Firma Ateliers des Mureaux. Wassergekühlter 18-Zylinder-Sternmotor.

RZ 1874 Z 43

Abb. 40
Verbessertes Macchi-Seeflugzeug für Rennzwecke, das nach Wegfall der Schwimmerzwischenstreben und Verkleinerung der Tragflächen den Geschwindigkeitsrekord auf 512,77 km/h erhöhen konnte.

Flugmotoren

Entwicklung und Stand

Von Dr.-Ing. F. Goßlau, Berlin[1])

Sicherheit die erste Forderung des Luftverkehrs. — Betriebsbedingungen der Motoren. — Fortschritte von 1903 bis 1914. — Der Flugmotorenbau zu Kriegsbeginn. — Von 100 bis 500 PS, die Kriegsentwicklung. — Der Reihenmotor, der Umlaufmotor, der V-Motor. — Der luftgekühlte Sternmotor, das Nachkriegstriebwerk. — Der Zwölfzylindermotor in V- und W-Form bis zu 1000 PS. — Der erfolgreiche Kampf der Luftkühlung gegen die Wasserkühlung. — Meßergebnisse von Vergleichflügen.

Sicherheit des Fluges und wirtschaftlicher Betrieb sind wesentliche Grundlagen für die erfolgreiche Weiterentwicklung des Luftverkehrs. In dem Maße, wie es gelingt, diese Forderungen zu erfüllen, wird der Luftverkehr zunehmen, die Beschäftigung und Lebensmöglichkeit der Luftfahrtunternehmungen und Baufirmen sicherstellen und das Vertrauen des reisenden Publikums erwerben.

Streben nach Sicherheit und Zuverlässigkeit kennzeichnet daher die Bemühungen aller am Luftverkehr Beteiligten: des Staates, der Luftverkehrsgesellschaften, der Flugzeugwerften und der Motorenfabriken.

Betriebsbedingungen

Die Beanspruchungen der Motoren im Luftverkehr sind die höchsten aller Verkehrsmaschinen. Stundenlanges Arbeiten, oft unter Vollgas und bei hohen Drehzahlen in der von Wind und Wetter schwer geschüttelten Maschine, gilt als selbstverständliche Forderung.

Die Zuverlässigkeit des Motorenbetriebes ist das Produkt einer großen Anzahl von Faktoren, deren vielseitige Wechselwirkungen mechanischer, thermischer und physikalisch-chemischer Natur oft genug ineinander übergehen oder einander unerwartet auslösen. Gerade das vielseitige Übereinandergreifen an sich schon schwierig zu erforschender Teilvorgänge und ihre ungemein wechselvolle Abhängigkeit voneinander, die praktischen Schwierigkeiten einwandfreier Untersuchung der sich in Hundertstel Sekunden abspielenden Einzelvorgänge lassen die Betriebsicherheit des Motors gegen rechnerische und leider sogar auch gegen erfahrungsmäßige Erfassung außerordentlich spröde erscheinen.

Hohe Leistung bei geringem Gewicht, lange Lebensdauer bei anspruchloser Wartung werden vom Flugmotor verlangt, sind aber einander völlig widersprechende Anforderungen. Sie stellen den Flugmotorenkonstrukteur vor ungleich schwerere, darum aber um so reizvollere Aufgaben als die Betriebsbedingungen des Dampfmaschinen- oder Dieselmotorenbaues. Für die Erzeugung einer Pferdestärke darf der Konstrukteur bei einer Schiffsmaschine bis zu 200 kg an Baustoff aufwenden, bei einem Flugmotor nicht einmal 1 kg.

Daß dabei außerordentlich große Kräfte von feingliedrigen Bauteilen übertragen werden müssen, und daß der Konstrukteur oft gezwungen ist, fast bis an die Grenze der zulässigen Baustoffbeanspruchungen zu gehen, ist verständlich. Wo die Rechnung und schließlich selbst das konstruktive Gefühl versagt, muß der praktische Versuch Klärung bringen.

Bevor ein neues Motorenmuster in das Flugzeug eingebaut wird, hat es Prüfläufe von vielen hundert Stunden hinter sich, in denen es teilweise starken Überbeanspruchungen ausgesetzt wird, so daß schwache Teile durch Versagen oder Bruch kenntlich werden. Diese Brüche werden untersucht und konstruktive Folgerungen werden daraus gezogen. Schließlich wird das neue Muster nach weiteren Probeläufen amtlich abgenommen, in Deutschland von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof. Vergegenwärtigt man sich, daß die Pleuelstangen bei Wanddicken von nur 3 mm etwa 90 000 mal in der Stunde Drücke von 7000 kg übertragen, daß der Magnetzünder in einer einzigen Betriebstunde etwa 550 000 mal Funken erzeugt und die Ventilfedern nach 300 Betriebstunden etwa 15 000 000 mal zusammengedrückt und entspannt worden sind, so erhält man einen Begriff von den hier auftretenden Beanspruchungen.

Abb. 1 120 PS-Mercedes-Benz-Motor DIIa, Bauart 1927. Wassergekühlter Motor mit sechs Zylindern in einer Reihe hintereinander, die in Deutschland während des Krieges meist gebrauchte Bauform. Aus dem Kraftfahrzeugmotor entstanden.

Rückblick und Fortschrittstempo

Der Flugmotor ist heute kaum ein Vierteljahrhundert alt. Es war am 17. Dezember 1903, als in den Dünen von Nord-Karolina den Brüdern Wright der erste Maschinenflug gelang. Dieser erste Flug dauerte 12 s; 50 m wurden durchflogen. Der erste Flugmotor leistete mit seinen vier wassergekühlten Zylindern ganze 24 PS und wog fast 100 kg, also über 4 kg/PS. Seit diesem Tag ist der spezifische Brennstoffverbrauch der Flugmotoren auf die Hälfte, das Gewicht je PS auf den achten Teil heruntergedrückt, die Leistung des einzelnen Motors auf das Fünfzigfache gesteigert worden.

Ob ohne den Krieg, ohne diesen unerbittlichen Zwang zu höchster Anspannung aller verfügbaren Kräfte, des Kapitals und der Technik die Entwicklung des Flugmotors ebenso schnell vor sich gegangen wäre, ist zu bezweifeln. Der Weltkrieg brach aus, als sich der Flugmotor noch auf einer sehr frühen Stufe der Konstruktion befand. Bereits kurze Zeit nach Beginn der Feindseligkeiten wurde es unverkennbar, daß das Luftfahrzeug eine überaus wichtige, wenn nicht gar entscheidende Rolle für den Erfolg der Kampfhandlungen spielen würde. So setzte in der Entwicklung des Flugmotors ein Fortschrittstempo ein, wie es wahrscheinlich auf keinem andern Gebiet des Maschinenbaues je zu verzeichnen gewesen ist.

Stand bei Kriegsbeginn

Die einzelnen Staaten gingen auf dem Gebiete der Heeres-Luftfahrt recht verschieden gerüstet in den Kampf:

In England hatte man bis zum Kriegsausbruch der Flugtechnik wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Brauchbare Motoren fehlten ganz. England war daher zunächst gezwungen, jeden irgend erreichbaren Motor zu kaufen oder nachzubauen. Ähnlich lagen die Dinge in Amerika. Frankreich verfügte im August 1914 über eine verhältnimäßig große Anzahl aller erdenklichen Typen: luft- und wassergekühlte Sternmotoren, Umlaufmotoren, Reihenmotoren, auch in V-Form, mit 8 und 12 Zylindern: alles in allem eine bunt zusammengewürfelte Menge von Triebwerken ohne bestimmte Bevorzugung einer bestimmten Bauart.

Deutschland war das einzige von den kriegführenden Ländern, wo von vornherein eine klare, einheitliche Richtlinie für die Entwicklung der Motoren be-

[1]) Dieser Bericht wird am 16. Oktober 1928 auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung öffentlich vorgetragen.

Abb. 2
160 PS-Hispano-Suiza-Motor.
Achtzylinder-Motor in V-Form. Erfolgreicher Kriegsmotor. Heutige, verbesserte Bauart mit Brennstoffpumpen und Druckluftanlasser.

Abb. 4
160/240 PS-Siemens-Umlauf-Motor Sh 3.
Kurbelwelle und Zylinderstern laufen mit 900 U/min in entgegengesetzten Richtungen. Während des Krieges gebaut. Ausgestellt in der historischen Abteilung der ILA.

stand. 1913 hatte in Adlershof der Wettbewerb um den Kaiserpreis für den besten deutschen Flugmotor[1]) stattgefunden, aus dem der 100 PS-Benz-Motor als Sieger hervorging. Es war ein Motor mit Wasserkühlung, dessen vier Zylinder hintereinander standen und der in jedem Zylinder 25 PS leistete. Für 1914 war ein zweiter Wettbewerb geplant, der die Motorleistung auf 150 bis 180 PS steigern sollte.

Kriegsentwicklung von 100 bis 500 PS

Dieser Wettbewerb kam durch den Kriegsausbruch zwar nicht mehr zustande, aber der dabei erstrebte Sechszylinder-Reihenmotor, Abb. 1[2]), wurde bald geschaffen und blieb während des ganzen Krieges die starre Richtlinie des deutschen Flugmotorenbaus.

Auf seiten unserer Gegner beherrschte 1914/15 zunächst der Umlaufmotor das Feld, bei dem sich sternförmig angeordnete Zylinder zwecks besserer Kühlung durch die umgebende Luft zusammen mit dem Gehäuse und der darauf befestigten Luftschraube um die im Flugzeugrumpf festgehaltene Kurbelwelle drehen. Im Winter 1916/17 tauchte der Aufsehen erregende 160 PS-Hispano Suiza-Motor auf, Abb. 2, ein Achtzylinder-Motor in V-Form. Seine Flugleistungen waren für die damalige Zeit überraschend und zwangen auch auf deutscher Seite zu umfangreichem Einsatz von luftgekühlten Umlaufmotoren. Glücklicherweise erschien später der überverdichtende und überbemessene 185 PS-Motor der Bayerischen

[1]) Z. Bd. 57 (1913) S. 481.

[2]) Die Abbildungen sind nur als Beispiele für die betreffende Bauart anzusehen, da fast alle Abbildungen hier die neuesten, heutigen Ausführungen zeigen, nicht aber die damaligen Muster. Abb. 1, 3, 5, 8, 10 und 21 sind dem Beitrag des Verf. aus dem im VDI-Verlag erschienenen „Handbuch für Flugzeugführer" entnommen.

Abb. 3
230 PS-Motor der Bayerischen Motoren-Werke BMW IV, entstanden aus dem während des Krieges viel beachteten Motor BMW III a mit Überbemessung und Überverdichtung. In Anlehnung an diese beiden ist als neuester das Muster BMW V a bekannt geworden, dessen Dauerleistung 320 PS beträgt.

Abb. 5
280 PS-Junkers-Motor L 5 (Ozeanmotor).
Wassergekühlte Reihenmotoren bildeten nach dem Kriege noch lange das Triebwerk der deutschen Verkehrsflugzeuge. Erst in neuester Zeit werden auch hier luftgekühlte Sternmotoren eingebaut.

Abb. 6
220 PS-Hispano-Suiza-Motor. Während des Krieges hat man im Ausland mancherlei Gründe gegen den einreihigen Sechszylinder-Motor angeführt. Es ist bemerkenswert, daß diese Bauart neuerdings auch dort Anhänger findet.

Abb. 7
200 PS-Isotta-Fraschini-Motor, Asso 200. Entstanden aus dem 500 PS-Zwölfzylinder-V-Motor, Asso 500, mit dem er einige Bauteile gemein hat. Beachtenswert ist die seitlich gedrängte Bauform des Reihenmotors.

Motoren-Werke, Abb. 3, und endlich wurden auch die im Luftschiff längst bewährten 260 PS-Maybach-Motoren für Flugzeuge zugelassen, beides wieder Sechszylinder-Reihenmotoren.

Abb. 8
Luftgekühlter Neun-Zylinder-Siemens-Sternmotor, Bauart Sh 12, Leistung 108/125 PS, Brennstoffverbrauch 210 g/PSh.

1917 war auch England selbständig geworden. Die Firma Rolls-Royce hatte den deutschen Sechszylinder-Reihenmotor und den französchen V-Motor zum wassergekühlten Zwölfzylinder-Motor in V-Form vereinigt und erschien damals mit einem 260 PS-Motor, der im Winter unter Einbau eines Getriebes in der Bauart „Eagle IX" bis auf 360 PS gesteigert wurde. Neben diesen starken Motoren wurden im Frühjahr 1918 die ersten amerikanischen Liberty-Motoren erbeutet, die bei Bremsprüfungen nicht weniger als 420 PS ergaben.

An der deutschen Luftfront sah es bedenklich aus. Für den schnellaufenden achtzylindrigen V-Motor mit Getriebe waren die deutschen Abnahmebedingungen (60-Stunden-Lauf) zu schwer, der Reihenmotor mit acht Zylindern neigte zu Kurbelwellenschwingungen, und die Leistung des Sechszylinder-Reihenmotors ließ sich über 300 PS schlechthin nicht mehr steigern. Da wurde der Umlaufmotor, Abb. 4, in Deutschland durch ein neues Arbeitsverfahren noch einmal lebendig. Bereits 1916 hatte die Firma Siemens & Halske, A.-G., in der Erkenntnis, daß die Wirkung der Fliehkraft auf die Zylinder die weitere Leistungsteigerung der Umlaufmotoren hemmen würde, den Versuch gemacht, die Drehzahl des Zylindersterns herabzusetzen. Um nicht an Kolbengeschwindigkeit zu verlieren, hatte man dabei den neuen Schritt gewagt, die bisher feststehende Kurbelwelle entgegengesetzt zum Zylinderstern umlaufen zu lassen. Das ergab als relative Drehzahl des Zylindersterns gegenüber der Kurbelwelle 1800 U/min, aber für Zylinderstern und Kurbelwelle je nur 900 U/min. Gleichzeitig war für diesen Motor von 160/240 PS ein besondres Flugzeug entworfen worden, dessen Steigleistungen so hervorragend waren, daß die Front in großem Umfange mit diesen Einsitzern ausgerüstet werden sollte. Aber der Krieg ging zu Ende und mit ihm vier Jahre stürmischer Entwicklung des Flugmotors. Die Zylinderleistung war von 25 auf 40 PS, die Motorleistung von 100 auf 500 PS gesteigert, das Einheitsgewicht von 1,6 kg/PS auf etwa 1 kg/PS gesenkt worden.

Abb. 9
420/530 PS-Bristol-Motor „Jupiter“ mit Zahnrädergetriebe zur Steigerung der Leistung und des Schraubenwirkungsgrades. Erster luftgekühlter Sternmotor von hoher Leistung. Heutige Bauart. In Deutschland hat Siemens die Bauerlaubnis erworben und die neuesten Flugzeuge der Lufthansa sind damit ausgerüstet, u. a. das Viermotorenflugzeug Dornier-Superwal und das Junkers-Flugzeug G 34.

Abb. 10
500/700 PS-Motor BMW VI. Nach Aufhebung der Luftfahrtbeschränkungen begann man sich auch in Deutschland mit dem Bau stärkerer Motoren zu befassen. Aneinanderfügen zweier bewährter Reihenmotoren kürzte die Entwicklungszeit.

Nach dem Kriege — Von 500 bis 1000 PS

Während nach Kriegsschluß in den meisten anderen Ländern noch immer die militärischen Aufgaben die Entwicklung der Motoren beeinflußten, traten in Deutschland die Anforderungen des Luftverkehrs in den Vordergrund. Die Jagd nach äußerster Gewichtersparnis hörte auf. Man strebte nach Zuverlässigkeit, anspruchsloser Wartung und langer Lebensdauer. Der Sechszylinder-Reihenmotor, der während des Krieges musterhaft durchgebildet war, blieb zunächst das Kennzeichen der deutschen Verkehrsflugzeuge. Die Bayerischen Motoren-Werke und die Junkers-Werke, Abb. 5, haben ihn heute bis auf eine Leistung von rd. 300 PS gebracht. Unsre früheren Gegner haben diese Bauart zunächst abgelehnt. Heute hat sich die Auffassung geändert, wie Abb. 6 und 7 zeigen.

Entstehung des luftgekühlten Sternmotors

Der luftgekühlte Umlaufmotor ist seit Kriegsende fast vollständig von der Bildfläche verschwunden. Der hohe Betriebstoffverbrauch, die kurze Lebensdauer und

Abb. 11
600/700 PS-Junkers-Motor L 55, durch Verdoppeln des Motors L 5 entstanden. Zwangläufig angetriebenes Turbogebläse für Höhenflüge, durch Flüssigkeitskupplung beliebig ein- und ausrückbar. Gewicht trocken 650 kg.

Abb. 12
750/800 PS-Renault-Motor, 12 Zylinder in V-Form. Blick auf die Hilfsgeräte: Vergaser, Brennstoffpumpen, Magnetapparate, Ölreiniger, Wasserpumpe, Anlaßventile, Antrieb der Steuerung.

Abb. 14. 450/600 PS-Hispano-Suiza-Motor.

die anspruchsvolle Wartung mußten während des Krieges hingenommen werden, im Luftverkehr waren sie nicht mehr erträglich. Die Vorzugstellung, die der Umlaufmotor während des Krieges behaupten konnte, gründet sich auf drei Vorzüge:

1. die kurze Baulänge, die eine vorzügliche Steuerfähigkeit des Flugzeugs ergab;
2. das geringe Gewicht, das von keinem wassergekühlten Motor gleicher Leistung erreicht wurde, und
3. die betriebstechnischen Vorzüge der einfachen Kühlung.

Die Luftkühlung ist im Flugmotorenbau nichts Neues. Man ist versucht, sie für den Flugmotor als die einzig natürliche zu bezeichnen. Tatsächlich sind mit luftgekühlten Motoren bereits vor dem Kriege bemerkenswerte Flüge durchgeführt worden, z. B. 1909 die Überquerung des Kanals durch Blériot, und die Bestrebungen, die Luftkühlung im Flugmotorenbau durchzusetzen, haben niemals geruht. Anzani und Renault in Frankreich, Wolseley und die Königlichen Flugzeugwerke in England, auch Hans Grade in Deutschland haben sich um luftgekühlte Standmotoren bemüht. Die Leistung solcher Motoren hatte 1916 Renault bis auf 220 PS gesteigert, ohne allerdings damals auch nur annähernd die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der wassergekühlten Maschinen zu erreichen.

Die Hauptschwierigkeit war die Wärmebeherrschung. Die Verbrennungstemperaturen in den Zylindern gehen über 2000° hinauf, und die Abgase umströmen das Auslaßventil mit Temperaturen bis zu 1000°. Ohne eine wirksame Kühlung vermag auf die Dauer kein Baustoff diesen

Abb. 13
450/600 PS-Hispano-Suiza-V-Motor.
Streben nach geringerer Baulänge führt unter dem Einfluß des Sternmotors zur Verteilung der 12 Zylinder auf drei Reihen. Dabei kommt es vor, daß dieselbe Firma Motoren in gleicher Stärke in V-Form und in W-Form baut.

Wärmebeanspruchungen zu widerstehen. Wird das Auslaßventil nicht genügend gekühlt, so tritt ein regelrechtes Verbrennen des Stahles ein, die Dichtungsflächen versagen, und der betreffende Zylinder fällt aus. Kommen die Zündkerzen ins Glühen, so treten Fehlzündungen auf. Wenn das Schmieröl verbrennt, so fressen die Kolben oder sie überhitzen sich bis zum Weichwerden. Der Druck der Arbeitsgase genügt dann, um den Boden einzudrücken.

Alle diese Erscheinungen waren für den luftgekühlten Motor der Vorkriegszeit kennzeichnend und haben seine Einführung verhindert. Thermisch besonders gefährdet

Abb. 15 und 16. 530 PS-Napier-Motor „Lion“, neueste Bauart. Kurbelwellendrehzahl 2350 U/min. Getriebeübersetzung 1,885 : 1. Erfolgreicher Langstreckenmotor.

Abb. 17 und 18
Längsschnitt des Napier-Motors „Lion". Rollenlagerung der Kurbelwelle. Unmittelbar betätigte Ventile. Getriebe.

waren die hinteren, schlechtgekühlten Zylinder von Reihenmotoren. Der Umlaufmotor war insofern ein Fortschritt, als hier alle Zylinder gleichmäßig dem kühlenden Flugwind ausgesetzt waren und die Kühlwirkung durch den Umlauf des Zylindersterns etwas verbessert wurde. Der Einfluß dieser Zusatzkühlung wurde und wird allerdings noch heute erheblich überschätzt. Außerdem stellte die Ölschutzhaube, die über die Hälfte des Motors umgab, diese Wirkung wieder in Frage.

Zwei entscheidende Merkmale setzten schließlich der Weiterentwicklung der Umlaufmotoren ein Ziel: Einmal ließ sich eben wegen der Kühlschwierigkeiten rein thermisch die Leistung nicht weiter steigern. Dann mußte man bei größeren Abmessungen ein Abfliegen der Zylinder befürchten. Diese Grenzen des Umlaufmotors hatte man auch in England früh erkannt und 1917 den Bau starker luftgekühlter Sternmotoren versucht; aber weder der 360 PS-Motor „Dragonfly" noch der 500 PS-Motor „Merkur", die Vorläufer des heute weit verbreiteten Bristol-Motors „Jupiter", haben besondere Bedeutung erlangt.

Die Tatsache, daß luftgekühlte Motoren mit ruhendem Zylinderstern einigermaßen befriedigend gelaufen waren, gab immerhin den Anstoß zu einem neuen Abschnitt in der Geschichte des Flugmotorenbaus. Die Luftkühlung, beinahe als unzuverlässig abgetan, zieht wieder die Aufmerksamkeit der Flugmotorenkonstrukteure auf sich. In Frankreich, in Amerika, auch in Deutschland, Abb. 8, wird der Bau luftgekühlter Sternmotoren aufgenommen. Während man sich aber hier zunächst mit kleineren Leistungen begnügte, gelang es England bald, den heute weltbekannten und von 13 Staaten in Lizenz aufgenommenen Bristol-Motor „Jupiter", Abb. 9, betriebsbrauchbar zu gestalten, der damals 420 PS leistete und heute bis zu 580 PS erreicht.

Der V-Motor mit 12 Zylindern

Inzwischen sind die Leistungen der wassergekühlten Motoren immer weiter gestiegen. Der V-Motor mit 8 Zylindern ist endgültig verschwunden, einmal, weil man schließlich die Leistungsgrenze erreicht hatte und dann, weil der in der Zylinderanordnung begründete unruhige Lauf der Motoren einen zu schweren Unterbau forderte und Schwierigkeiten bei der Verwendung von Zahnrädergetrieben ergab. Die Entwicklung wurde durch den V-Motor mit 2 × 6 Zylindern fortgesetzt. Die Leistung

Abb. 19 und 20
1000 PS-Motor „Asso 1000" von Isotta-Fraschini. Einer der stärksten Flugmotoren der Gegenwart. Aus einem 600 PS-V-Motor durch Anfügen einer dritten Zylinderreihe entwickelt. Sechs Vergaser.

Abb. 18

RZ1993Z22

dieser Bauart ist zur Zeit noch in dauerndem Steigen begriffen, scheint allerdings in vereinzelt ausgeführten Motoren von rd. 1000 PS ihre obere Grenze erreicht zu haben, s. Abb. 10 bis 12.

Der W-Motor mit 12 und 18 Zylindern

Die weitere Entwicklung des wassergekühlten Reihenmotors wird durch den immer weiter vordringenden luftgekühlten Sternmotor stark beeinflußt. Der Übergang vom V-Motor zur W-förmigen Anordnung der Zylinderblöcke entspricht nicht zuletzt dem Verlangen, der kurzen Baulänge des Sternmotors näher zu kommen. Die Forderung nach Verminderung des Gewichts und Kürzung der Baulänge geht so weit, daß einige Firmen gleich starke Motoren in V- und W-Form nebeneinander herstellen, Abb. 13 und 14, weil der V-förmige Motor nur noch beschränkten Absatz findet. Ein bekannter Vertreter der W-Motoren ist der Napier-Motor „Lion", Abb. 15 bis 18.

Auf dem Wege zu höheren Leistungen kommen dann zwei neue Zylinder in jeder Reihe hinzu, so daß mit 18 Zylindern z. B. beim 1000 PS-Motor von Isotta-Fraschini, Abb. 19 und 20, die beträchtliche Baulänge von 2,191 m erreicht wird.

Vordringen der luftgekühlten Sternmotoren

Während so die wassergekühlten Reihenmotoren an Länge zunehmen, ist es gelungen, den Durchmesser der luftgekühlten Sternmotoren auch bei gesteigerter Leistung auf fast der gleichen Größe zu halten. Luftgekühlte Sternmotoren werden heute in vielen Formen mit 3, 5, 7 und 9 Zylindern in einer Ebene gebaut, Abb. 21 bis 23. Die Leistungen sind heute auf rd. 600 PS gestiegen. Zwei Firmen bauen Doppelsternmotoren mit 14 Zylindern, wobei die hinteren Zylinder in den Lücken zwischen den vorderen stehen. Bei einer neuen amerikanischen Bauart sind zwei 6 Zylinder- und beim Salmson-Motor, Abb. 24, sogar zwei 9 Zylinder-Sterne hintereinander angeordnet.

Praktische Vorzüge der Luftkühlung haben sich darin gezeigt, daß die Flugleistungen eines luftgekühlten Sternmotors von 600 PS denen eines wassergekühlten Reihenmotors von 800 PS gleichkommen. Die Vorzüge des luftgekühlten Sternmotors liegen weiter in dem Fortfall der Wasserleitungen, die noch immer infolge von Undichtwerden den überwiegenden Teil (nach Statistiken englischer Luftlinien etwa 75 vH) aller Notlandungen begründen.

Das Fehlen des Kühlwassers, der Leitungen und des Kühlers, macht den Motor leichter, und die gesamte

RZ1993Z26

Abb. 21
Schnittzeichnung des „Jupiter"-Motors, in Deutschland von Siemens gebaut.

Abb. 24
Salmson-Flugmotor mit zwei 9 Zylinder-Sternen hintereinander.

Kühlanlage bedarf überhaupt keiner Wartung. Das Fehlen des Kühlwassers enthebt aber auch der Notwendigkeit, die Motoren vor ihrer Ingebrauchnahme durch längeren Leerlauf anzuwärmen. Vielmehr wird der für Vollgasbetrieb geeignete Wärmezustand beim luftgekühlten Sternmotor innerhalb weniger Minuten erreicht. Einfrieren des Kühlwassers mit seinen bedrohlichen Folgen für die Zylinder ist nicht zu befürchten. Die kurze Bauart der Sternmotoren ermöglicht eine gute Zusammenfassung der Massen, eine ausgezeichnete Wendigkeit und macht sie besonders für Schul- und Kunstflüge geeignet.

Vom Standpunkt des Luftverkehrs kommen bei den Sternmotoren die einfache Bauart, die große Lebensdauer der Zylinder, die leichte Auswechselbarkeit der Einzelteile wie des gesamten Motors und die bequeme Wartung in Betracht. Anschaffung und Erhaltung sind billiger als bei wassergekühltem Triebwerk, Sternmotoren können für verschiedene Leistung je nach der Zahl der Zylinder mit gleichen Bauteilen hergestellt werden. So sind z. B. bei drei Mustern der Siemens-Motoren von 125, 95 und 70 PS die Hauptteile: Zylinder, Kurbelwellen, Neben-Pleuelstangen, Steuerung, Ventile, auch die Ölpumpen gleich, s. Abb. 25. Die Vorteile für die Ersatzteilhaltung, die sich daraus ergeben, liegen auf der Hand.

Im Auslande stehen die militärischen Vorteile der Sternmotoren an erster Stelle. Hier sind die schnelle Betriebsbereitschaft und die überlegene Steigfähigkeit erwähnenswert, die den Motor besonders für Kampf- und Schutzstaffeln, sowie für Aufklärungszwecke bei Begegnungsgefechten auf See geeignet macht. Bei Infanterie-Flugzeugen wird die Panzerung, die der Motor verlangt, auf ein Mindestmaß gebracht. Gegen Schußverletzungen ist dieser Motor weniger empfindlich als der wassergekühlte Motor mit seinem Kühlwassermantel, seinen Leitungen und dem Kühler, der ein lohnendes Ziel bildet. Für Torpedo- und Bombenflugzeuge spielt das geringe Gewicht eine ausschlaggebende Rolle. Der Brennstoffverbrauch luftgekühlter Sternmotoren beträgt heute etwa 220 g/PSh, ist also nicht höher als der der besten wassergekühlten Motoren.

Vergleich zwischen Luft- und Wasserkühlung

Vergleichsflüge der Firma Wright, der Erzeugerin der bekannten Ozeanflugmotoren, mit zwei gleich starken Motoren eigener Bauart, einem wassergekühlten V-Motor und einem luftgekühlten Sternmotor, ergaben beim luftgekühlten Sternmotor eine um 15 vH höhere Fluggeschwindigkeit und infolge der möglichen größeren Brennstoffladung eine Zunahme des Flugbereiches um 51 vH. Ähnliche Versuche der amerikanischen Marine ergaben für beide Motorbauarten gleiche Fluggeschwindigkeiten,

Abb. 22
Längsschnitt des „Hornet"-Motors, in Deutschland von BMW gebaut.

aber wesentlich bessere Wendigkeit und Steigleistung bei Anwendung des luftgekühlten Sternmotors.

Die sehr sorgfältig durchgeführten technischen Leistungsprüfungen gelegentlich des Deutschen Seeflugwettbewerbes 1926 hatten folgendes Ergebnis: Unter Zugrundelegung der gleichen Motorleistung war die Geschwindigkeit des Heinkel-Flugzeuges HE 5 mit luftgekühltem Jupiter-Motor nur um 1,5 vH geringer als bei Verwendung eines der besten englischen wassergekühlten W-Motoren. Der Unterschied liegt bereits innerhalb der Grenzen der Meßgenauigkeit. Die Wasserfüllung der Kühlanlage des Napier-Lion-Motors wog allein 52,5 kg, die der beiden Motoren der Rohrbach-Robbe 77,8 kg. Darin sind die Gewichte der Kühler und Rohrleitungen noch nicht einmal berücksichtigt. Die Nutzlast war beim Flugzeug HE 5 mit Sternmotor um nicht weniger als 119 kg größer. Die Erfahrungen der amerikanischen Marine haben bestätigt, daß bei gleichen Fluganforderungen der luftgekühlte Sternmotor nur etwa 75 vH der Leistung des entsprechenden wassergekühlten Triebwerks zu haben braucht.

Das alles sind Erfahrungen, die mit den Vorurteilen gegen den Sternmotor endgültig aufgeräumt haben. Das beweist wohl am besten der Umstand, daß heute, von wenigen Ausnahmen abgesehen, kaum noch ein wassergekühlter Motor in dem Leistungsgebiet entworfen wird, das der luftgekühlte Motor betriebsicher beherrscht, während immer neue Sternmotoren entstehen. Auch im In- und Ausland sind Fabriken besten Namens, die lange Jahre ausschließlich wassergekühlte Reihenmotoren hergestellt haben, jetzt zum Bau von luftgekühlten Motoren gezwungen. [B 1993]

SZ 1993 Z 30

Abb. 25
Siemens-Sternmotor. Nockentrommel mit Zwischengetriebe, Stößelführung, Stoßstangen und Zylinder. Viele Teile sind bei drei Größen der Siemens-Motoren gleich und austauschbar; dieses Verfahren ist neuerdings auch von anderen Firmen aufgegriffen worden.

RZ 1993 Z 28

Abb. 23
385 PS-Motor „Jaguar“ von Armstrong Siddeley-Motors, Coventry.

Bordgeräte im Verkehrsflugzeug

Von Dr. Martin Mäder, Berlin

Anforderungen, technische Fortschritte und Entwicklungswege von Bordgeräten für Verkehrsflugzeuge dargestellt zu dem Zweck, zur Mitarbeit an den gestellten Aufgaben anzuregen. — Im einzelnen werden behandelt: Überwachungsgeräte für das Triebwerk, und solche für die Steuerung, Geräte für die Navigation, Funkgeräte, elektrische Licht- und Kraftanlage, Schutzgeräte und Geräte für die Fluggäste.

Neuzeitliche Wirtschaft, die überall die Zeit-Geld-Gleichung ansetzt, fordert schnelle Verkehrsmittel und schnellere Nachrichtenmittel. Das Flugzeug ist, ausgezeichnet durch seine Schnelligkeit, bestimmt, zu einem außerordentlich wichtigen Faktor in der Verkehrsrechnung zu werden. Auch hier muß naturgemäß die Zeit-Geld-Gleichung erfüllt werden, und zwar im Sinn eines wirtschaftlichen Fortschrittes, so daß das Produkt Zeit mal Geld die gleiche, wenn möglich eine kleinere Zahl ergibt, als bei andern Verkehrsmitteln. In den Faktoren Zeit und Geld stecken die Unterfaktoren Sicherheit, Regelmäßigkeit, Pünktlichkeit, Bequemlichkeit, Wirtschaftlichkeit. Die Technik des Verkehrsflugzeuges verfolgt deshalb Wege, die einzelnen Faktoren zu einem Bestwert zu führen. Drei einzelne Wege sind klar in der technischen Höherentwicklung des Verkehrsflugzeuges erkennbar:

Schaffung eigenstabiler Flugzeuge,
Schaffung von zuverlässigen Motoren und Kraftüberschuß,
Schaffung einer zweckmäßigen Bordgeräteausrüstung.

Alle drei Forderungen müssen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit erfüllt werden.

Im Rahmen der folgenden Ausführungen will ich nur auf die Ausrüstung mit Bordgeräten eingehen. Unter Bordgeräten werden alle Geräte verstanden, die an Bord des Flugzeuges mitgeführt werden zum Zweck der Bedienung, Überwachung und Sicherung der Organe des Flugzeuges im abfliegenden, fliegenden, landenden und gelandeten Zustand. Die Besatzung stellt das Betriebsgehirn des Flugzeuges dar. Die Bordgeräte sind Ersatz oder Erweiterung der menschlichen Sinne. Jedem Mitglied der Besatzung ist ein bestimmtes Aufgabengebiet zugeteilt Dazu gehört eine bestimmte Gruppe von Bordgeräten:

Überwachungsgeräte für das Triebwerk	Motorenwart
Überwachungsgeräte für die Steuerung	Führer
Geräte für die Navigation	Orter (Navigateur)
Funkgeräte	Funker

Außerdem sind zu nennen: Die elektrische Kraft- und Lichtanlage, die Schutzgeräte und die Geräte für die Fluggäste. An die Apparate, die den verschiedenen Zwecken im Verkehrsflugzeug dienen sollen, werden gewisse Anforderungen gestellt. Zu den Bedingungen, die auch sonst in der Technik eine führende Rolle spielen — Einfachheit im Aufbau und Bedienung oder Beobachtbarkeit, Betriebsicherheit und Billigkeit — treten für alles, was im Flugzeug mitgeführt wird: geringster Raumbedarf und geringstes Gewicht. Der steigenden Bedeutung des Verkehrsflugzeuges entsprechend, hat die Gerätebau-Industrie des In- und Auslandes in den letzten Jahren in dauernder Fühlungnahme mit den Flugzeugerbauern und Flugzeughaltern vielseitige technische Fortschritte erzielt. Neue Forschungsergebnisse lassen neue Entwicklungswege erkennen.

Im nachfolgenden sollen die verschiedenen Gerätegruppen behandelt werden, und zwar besonders unter Gesichtspunkten, die für mehrmotorige Groß-Verkehrsflugzeuge von Wichtigkeit sind.

Überwachungsgeräte für das Triebwerk

Für Flugzeuge mit ein bis zwei Motoren eignen sich unmittelbar anzeigende Geräte mit Kreisteilung für Drehzahl-, Druck-, Temperatur-Messung. Diese Rundgeräte haben gegenüber den Langgeräten den Vorteil, daß die verfügbare Skalenlänge größer ist. Für Drehzahlmessung haben sich in Deutschland besonders Geräte mit Fliehkraftwirkung gut eingeführt. Der Öldruck wird in neueren Flugzeugen durch Vermittlung eines Relais, das

Abb. 1 und 2
Öldruckmesser mit Relais.

den Druck von der Meßstelle durch eine Übertragungsflüssigkeit auf das Anzeigegerät leitet, gemessen, Abb. 1 und 2. Auf diese Weise wird bei Bruch der Zwischenleitung Ölverlust, der bei den älteren unmittelbar arbeitenden Anlagen möglich war, vermieden. Für die Anzeige der Kühlwasser- und Öltemperatur werden Dampfdruck-Fernthermometer bevorzugt.

Für Flugzeuge mit mehreren Motoreinheiten müssen geeignete Fernmeßgeräte gefunden werden, die die erforderlichen Angaben über jedes einzelne Triebwerk zu einer Zentrale leiten, in der sich der Motorenwart befindet. Hier tritt der Vorzug der Instrumente mit Längsskala in Erscheinung. Wenn am Instrumentenbrett mehrere Drehzahlmesser nebeneinander, darunter mehrere Druckmesser nebeneinander usw. angeordnet werden, so ergibt die Stellung der Zeiger Kurvenbilder vom Triebwerkzustand. Wegen der für schnellen Ein- und Ausbau solcher Geräte zu fordernden Unterteilbarkeit der Fernleitungen verdienen im wesentlichen elektrische Geräte den Vorzug vor andern. Allerdings haben solche Geräte den Nachteil kleiner Drehmomente und sind infolgedessen in einem gewissen Grad empfindlich gegen Längsbeschleunigung. Deshalb sind technische Mittel und Wege zu finden, denen größere, aber ebenfalls trägheitslos arbeitende Kräfte zur Verfügung stehen. Gegebenenfalls muß die elektrische Kraft nur die auslösende, ein Relais betätigende sein, oder die elektrischen Kräfte müssen durch Hilfsstromquellen erhöht werden. Man kann auch an elektrische Geräte mit Lichtzeiger denken.

Von elektrischen Ferngeräten für Drehzahlmessung sind diejenigen der Firma Dr. Horn, Leipzig, bekanntgeworden. Es wird die Spannung einer mit dem Flugmotor gekuppelten Gleichstrommaschine als Funktion der Drehzahl der Antriebwelle gemessen. Die Nachteile der Stromabnahme am Kollektor vermeidet ein Wechselstromerzeuger der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., dessen Magnetfeld sich um den Anker dreht.

Einen ganz neuartigen Weg beschreiten die Askania-Werke, Berlin-Friedenau. Durch ein Fliehkraftsystem wird ein Kolben in einem Zylinder bewegt. Die dadurch veranlaßten Druckänderungen im Zylinder werden gemessen.

Für die Feststellung der Kühlwasser- und Öltemperatur in mehrmotorigen Großflugzeugen werden elektrische Fernthermometer (Widerstandmeßgeräte) mit Längsskala durchgebildet. Wie weit diese ebenfalls mit geringen Richtkräften arbeitenden Geräte der Praxis genügen werden, muß noch abgewartet werden. Es erscheint jedenfalls lohnend, auch für Temperatur-Fernmessung andre Verfahren aufzusuchen, die für die Zwecke im Verkehrsflugzeug aussichtsreich erscheinen.

Auch für die Fernanzeige des Öldrucks ist in Zukunft zu fordern, daß vielfach unterteilbare Leitungen gewählt werden. Hier können elektrische Verfahren, die für ähnliche technische Aufgaben bereits vorliegen, in entsprechend geänderter Form für das Verkehrsflugzeug brauchbar gemacht werden.

Die Verkehrsstatistik zeigt, daß eine Anzahl Zwischenlandungen von Verkehrsflugzeugen auf Kühl-

Corset-Anlage Schwimmer-Anlage Pumpe Druckluft

Abb. 3 bis 5
Betriebstoff-Standmesser.

wasserverlust zurückzuführen ist. Mechanische, unmittelbar zeigende Geräte für kleine Flugzeuge und elektrische Warninstrumente für größere Flugzeuge werden von verschiedenen Firmen konstruiert.

Eine ganz besonders schwache Stelle in der Meßgerätetechnik des Flugzeuges stellt die Messung des Betriebstoffstandes dar. Der Flugzeugführer, insbesondere der Verkehrsflugzeugführer, muß ein Mittel haben, um seinen Betriebstoffvorrat unten auf der Erde vor dem Start und besonders im Fluge jederzeit mit Sicherheit bestimmen zu können. Hier liegt eine der wesentlichsten technischen Voraussetzungen für die Sicherheit des Verkehrsfluges. Zur Erschwerung der Lösung dieser Aufgabe trägt besonders der Umstand bei, daß die heute meist in den Tragdecks der Flugzeuge untergebrachten Behälter Formen haben, bei denen der Inhalt, bezogen auf 1 cm Standhöhe, sehr groß ist.

Unter einfachen Verhältnissen kann man Standrohre oder Schwimmeruhren verwenden, Abb. 3 und 4. Als Fernmeßanlagen sind die Druckluftanlagen, Abb. 5, bekanntgeworden. Mittels eines Manometers wird der Druck gemessen, der notwendig ist, eine bestimmte Brennstoffsäule aus einem Steigrohr zu verdrängen. Dabei wird Gleichheit des statischen Druckes auf der Brennstoffoberfläche und außerhalb der Membran des Manometers vorausgesetzt. Diese Forderung ist aber bei den um das Flugzeug dauernd wechselnden Luftströmungen nicht vollkommen zu erfüllen. Da es sich um Messungen sehr kleiner Drücke handelt, geht ein kleiner Fehler bereits als wesentlicher Faktor in die Messung ein. Bei der französischen Corset-Anlage, Abb. 3, benutzt man einen großen Schwimmer, um mit den ihm innewohnenden großen Einstellkräften über mechanische Fernübertragungen ein Anzeigeinstrument zu betätigen. Ob sich das hierbei verfolgte Verfahren: große Kraft, kleiner Weg, praktisch auch bei nicht einfachen Fernleitungswegen bewährt, muß sich noch zeigen.

Die Messung des Betriebstoffstandes durch die einfachere Durchflußmengenmessung zu ersetzen, ist deshalb nicht angängig, da auf diese Weise Betriebstoffverlust durch Undichtigkeiten im Behälter nicht angezeigt wird. Man sollte Verfahren ersinnen, die die Fernmessung des Brennstoffinhaltes in flachen Tanks mit möglichst großer Genauigkeit zulassen. Einfacher werden die Verhältnisse bei größeren Flugzeugen mit Behältern von günstigeren Formen, für die Schwimmeranlagen mit elektrischer oder sonstiger Fernübertragung zur Betriebswarte befriedigende Ergebnisse liefern werden. — Schutzanlagen für das Triebwerk werden später im Abschnitt Schutzgeräte behandelt.

Überwachungsgeräte für die Steuerung

Alle Schwierigkeiten der Steuerung des Flugzeuges gegenüber derjenigen andrer Bewegungsmittel beruhen in dem Hinzukommen der dritten Koordinate, in der Veränderlichkeit der drei Raumkoordinaten zur Lotrechten und in der großen Schnelligkeit des Flugzeuges.

Es handelt sich bei allen Geräten zur Überwachung oder Übernahme der Steuerung von Flugzeugen, um das Messen von Kräften und deren Richtungen zur Lotrechten. Alle Geräte müssen, auf eng geschlossenem Blickfeld vor dem Führer vereinigt, in klarer, Irrtümer ausschließenden Weise den Flugzustand des Flugzeuges dauernd erkennen lassen, Abb. 6 und 7.

Dem Bau geeigneter Geräte zur Überwachung der Höhensteuerung ist bisher wenig Beachtung geschenkt worden. Für das Verkehrsflugzeug ist ein gutes Gerät zur Durchführung des wirtschaftlichsten Fluges in richtiger Längslage und zur Überwachung beim Fliegen in schlechter Sicht dringend erwünscht. Die meist verwendeten Lotanzeiger zeigen kleine Abweichungen von der Wagerechten nur ungenügend an und sind mehr oder weniger empfindlich gegen Längsbeschleunigung. Die Pioneer-Instrument Corp., New York, hat ein Pendel langer Schwingungsdauer unter Verwendung eines Stützmotors hergestellt, das gegen Längsbeschleunigungen in hohem Maß unempfindlich ist und deshalb Längslageänderungen sofort und zuverlässig anzeigt. Variometer und Staudruckmesser haben den Nachteil, daß sie ihre Anzeigen mit einem zeitlichen Verzug liefern, wodurch die Flugzeugführer gegen die Instrumente voreingenommen werden. Für die Beurteilung der

a b c d e f g h i k l m n o p q

Abb. 6
Anordnungsschema der Geräte für die Überwachung der Steuerung (sechsmotoriges Flugzeug).

a Höhenmesser 0 bis 500 m
b „ 0 „ 3000 „
c, d, e Fern-Drehzahlmesser 1000 bis 2400 U/min
f Fernkompaß-Anzeiger
g Wendezeiger um Hochachse
h Lotanzeiger (Querneigung)
i, k, l Fern-Drehzahlmesser 1000 bis 2400 U/min
m Staudruckmesser
n Borduhr
o Lotanzeiger (Längsneigung)
p Wendezeiger um Querachse
q Signallampen

Abb. 7
Gerät zur Überwachung der Steuerung.

Längslage erscheint die Vereinigung von zwei Instrumenten erforderlich: Ein Gerät, das den Winkel zwischen der Wagerechten und der Flugzeuglängsachse angibt und ein andres, dessen Anzeige ein Maß für die Winkelgeschwindigkeit um die Querachse ist. Man kann an die Vereinigung eines Pendels von langer Schwingungsdauer mit einem Wendezeiger (um die Querachse), einem Variometer, einem Statoskop oder einem Staudruckmesser denken. Beide Geräte müßten mit Längsskala nebeneinander angebracht werden.

Für die Beurteilung der Höhe werden im allgemeinen barometrische Höhenmesser benutzt, deren Nachteile die elastische Nachwirkung und die Abhängigkeit von Luftdruckänderungen durch Wetterwechsel sind. Der barometrische Höhenmesser Paulin drückt durch Verkleinerung des Arbeitsweges der Membran die elastische Nachwirkung auf einen sehr kleinen Betrag herab. Noch immer fehlt aber das Gerät, das dem Flugzeugführer die Höhe über der jeweiligen Bodenerhöhung anzeigt. In erster Linie scheinen bei dem gegenwärtigen Stand der Verkehrsflugtechnik Geräte von Wichtigkeit, die dem Flugzeugführer die Höhenorientierung beim Überfliegen von Gelände mit stark wechselnden Erhebungen im dunstigen Wetter ermöglichen. Die Lösung der Landung im Nebel hängt von der Erfüllung einer großen Anzahl von flugtechnischen Forderungen ab, nicht allein vom Vorhandensein eines zweckmäßigen Meßgerätes für die Annäherung an die Landeebene. Einige Wege, die zur Schaffung von Anzeigern für die Höhe beschritten wurden, sollen im Abschnitt über Geräte für die Navigation genannt werden.

Für die Überwachung der Seitensteuerung sind erforderlich: Instrumente für die Übersicht über den Leistungszustand der Motoren zu beiden Seiten der Längsachse des Flugzeuges und Kursanzeiger.

Zur Beurteilung der Verteilung der Antriebleistung liegt es nahe, elektrische Drehzahlmesser mit einem begrenzten, für den Führer unbedingt notwendigen Meßbereich zu verwenden. Auch sind elektrische Frequenzmesser für den gleichen Zweck im Bau. Bei künftigen Großflugzeugen dürften Leistungsmesser verwendbar werden Als solche sind u. a. Geräte denkbar, die auf der Messung der Luftansauggeschwindigkeit oder auch des Luftverbrauchs des Motors beruhen.

Für die Überwachung des einzuhaltenden Kurses werden Steuerkompasse und Wendezeiger gebraucht. Ein günstig gewähltes Verhältnis von magnetischem Moment zu Trägheitsmoment ergab Kompasse, deren Anzeige auch bei Böen und nach Kurvenflug den Anforderungen gerecht wird. Die Betriebsdauer der Steuerkompasse von W. Ludolph, A.-G., und der Askania-Werke, A.-G., ist durch mechanische Verbesserungen wesentlich erhöht worden. Neben diesen Steuerkompassen ist in letzter Zeit der Zürn-Kompaß bekanntgeworden

Wenn ein an sich guter Kompaß im Flugzeug seinen Aufgaben gerecht werden soll, muß unbedingt vom Flugzeugbau dafür gesorgt werden, daß man im Führer- und Orterraum keine magnetischen Werkstoffe verwendet, eine Forderung, die nicht oft genug wiederholt werden kann.

Auf Langstreckenflügen, auf denen die Überwachung des Kurses vom Navigateur übernommen wird, gewinnt für den Führer der Fernkompaß an Bedeutung. Im wesentlichen haben zwei Bauarten bisher praktische Erfolge aufzuweisen. Bei dem Pioneer-Induktorkompaß, Abb. 8 bis 10, läuft ein durch Windturbine oder elektrisch in Umdrehungen versetzter Anker im Magnetfeld der Erde. Zu jeder Stellung des Flugzeuges im Magnetfeld der Erde kann am Stromerzeuger eine Bürstenstellung gefunden werden, bei der das Galvanometer auf null zeigt. Die Bürsten werden durch ein mechanisches Gerät, das als Kursgeber ausgebildet ist, verstellt. Schwierigkeiten bereitet beim Induktorkompaß die fehlerfreie Messung der geringen Stromstärken. Falsch kann die Anzeige auch werden, wenn durch irgendwelche Umstände (Böen, längeren Kurvenflug) die Achse des Stromerzeugers nicht in Richtung des wahren Lotes zeigt.

d c b a RZ1951Z8-10

Abb. 8 bis 10
Erdinduktorkompaß der Pioneer Instr. Corp., New York.

a Stromerzeuger *b* biegsame Welle *c* Kursgeber *d* Kurszeiger

Bei dem Askania-Fernkompaß, Abb. 11, einem Magnetkompaß mit Differenzdruck-Fernanzeige, trägt die Magnetnadel, die um eine senkrechte Achse schwingt, am oberen Ende eine exzentrische Scheibe. Oberhalb und unterhalb dieser befinden sich Düsenpaare. Unter der Saugwirkung des Venturirohres tritt aus den beiden unteren Düsen ein Luftstrom aus, der je nach der Stellung der Düsen zur exzentrischen Scheibe mehr oder weniger gedrosselt wird. Die oberen Düsen messen den Staudruck, der der Energie des auftreffenden Luftstromes entspricht. Der Unterschied der Staudruckwerte wird vom Anzeigeinstrument abgelesen. Der Askania-Pneukompaß stellt in Anbetracht seiner Einfachheit und

Saugdüse Kurszeiger Überdruckventil Membran Steuerscheibe S N biegsame Welle Kursgeber Magnetnadel RZ1951Z11 Kursrose

Abb. 11
Schema der **Askania-Fernkompaßanlage.**

Abb. 12
Wendezeiger mit Pendel der Askania-Werke, Berlin-Friedenau.

frühere Ansicht. jetzige Ansicht.
Abb. 13
Gyrorector-Anzeigegerät.

der damit bedingten Betriebsicherheit ein beachtenswertes technisches Hilfsmittel für sicheres Kursfliegen dar. Würde noch dafür gesorgt werden, daß durch einen Kreisel die Schwingungsebene des Magneten immer in der Wagerechten läge, so würden auch bei Böen und beabsichtigtem und unbeabsichtigtem Kurvenflug keine Fehlanzeigen auftreten.

Geräte, die nach jedem Kurswechsel sofort wieder zur Durchführung und Überwachung des Geradeausfluges verwendbar sind, sind die Wendezeiger. Bei diesen Instrumenten läuft ein Kreisel in einem Rahmen um eine zur Flugzeughochachse senkrechte Achse. Bei einer Drehbewegung des Flugzeuges um seine Hochachse wirkt sich die Präzession des Kreisels in einer Drehung des Rahmens aus. So wird von den Wendezeigern die Drehgeschwindigkeit um die Hochachse oder um die wahre oder scheinbare Lotrichtung angezeigt. Bisher sind im wesentlichen die Wendezeiger der Firmen Pioneer Corp., New York, und Askania-Werke A.-G., Berlin, Abb. 12, bekanntgeworden. Die Antriebsenergie für den Kreisel liefert ein mittels Saugdüse erzeugter Luftstrom. Die Geräte sind äußerst einfach, betriebsicher, von kleinem Raumbedarf und geringem Gewicht. Der Wendezeiger scheint sich deshalb, wie die Verkehrspraxis lehrt, mehr und mehr einzubürgern.

Für die Schaffung eines geeigneten Geräts zur Überwachung der Quersteuerung ist ein Gesichtspunkt besonders beachtenswert: Im unsichtigen Wetter braucht der Flugzeugführer im wesentlichen ein Gerät, das ihn instandsetzt, im Geradeausflug die Querlage des Flugzeuges zu beurteilen. Ist ein Wendezeiger vorhanden, so ist zur Überwachung der Querlage im allgemeinen ein Anzeiger des scheinbaren Lots ausreichend. Die Schwingungsdauer dieses Lotanzeigers soll so bemessen sein, daß falsche Querlagen im Geradeausflug sofort erkannt werden, anderseits beim Übergang in den Kurvenflug die Anzeige sich, ohne nachzuschleppen, in die Resultierende der Beschleunigungen einstellt.

Abb. 14
Skizze der selbsttätigen Höhensteuerung der Askania-Werke.

Vom Führer aus betrachtet, erscheint für die Querlage ein Gerät als besonders geeignet, das in seinem Schaubild ein Abbild der tatsächlichen Lage der Maschine zum Horizont gibt. Solche Horizontanzeiger sind im Laufe der Zeit in verschiedenen Bauarten bekanntgeworden. Bei allen Geräten verwendet man ein Pendel langer Schwingungsdauer im Verhältnis zur Dauer eines Kurvenfluges. Diese Forderung bedingt in der Praxis meist erheblich verwickelte Geräte mit hoher Umlaufzahl, laufendem Kreisel, die außerdem den Nachteil verhältnismäßig hohen Gewichtes haben. Von den deutschen Horizontanzeigern verwendet man den Gyrorector im praktischen Flugbetrieb, der wertvolle Unterstützung für die Durchführung von Flügen unter schwierigen Wetterverhältnissen geleistet hat, Abb. 13. Bei diesem Gerät werden die Bewegungen eines Kreisels, der auf Drehbewegungen anspricht, benutzt, um durch einen Stützmotor eine Kraft gegen die Drehung zu erzeugen. Auf diese Weise wird bei auftretenden Beschleunigungen die wahre Lotrichtung festgehalten. Ein Scheinlotanzeiger ist in Form einer Libelle eingebaut. Mit dem neuerdings eingeführten Motorgenerator kann man den Kreisel vor dem Aufstieg in Betrieb nehmen und vermeidet alle Nachteile des mittels Luftschraube angetriebenen Stromerzeugers. Der Umstand, daß es sich um ziemlich schwere Geräte handelt, die sorgsamer Wartung bedürfen und unter bestimmten Verhältnissen falsche Anzeigen für längere Zeit liefern können, begrenzt die Brauchbarkeit der Anlagen für den Langstreckenverkehr und das Vertrauen der Flugzeugführer.

Die Forderung, den Flugzeugführer von der Dauerarbeit am Steuer auf Großluftwegen zu entlasten, haben frühzeitig den Gedanken entstehen lassen, das Flugzeug mittels einer selbsttätig wirkenden Vorrichtung zu führen. Sinnvoll ist die selbsttätige Steuerung nur in einem an sich eigenstabilen Flugzeug. Die Firma Askania-Werke A.-G. hat als Grundelemente für die Auslösung der Kraft, die das Höhenruder betätigt, Höhenmesser, Staudruckmesser und Pendel gewählt, Abb. 14. Pendel und Staudruckmesser sind so gekoppelt, daß bei Zunahme des Staudrucks das Flugzeug gezogen, bei Abnahme gedrückt wird, wobei der als Statoskop gebaute empfindliche Höhenmesser für die Einhaltung einer bestimmten Höhe sorgt. Die Steuerung der Kräfte, die über einen Zylinderkolben auf das Höhenruder wirken, wird durch eine Strahlrohreinrichtung übernommen. Für die Seitensteuerung ist beabsichtigt, eine Vereinigung von Pneukompaß und Wendezeiger als Steuermittel für eine Strahlrohreinrichtung zu wählen. Bei guter Lösung der vorgenannten Steuerarten soll die Betätigung der Querruder durch ein günstig gedämpftes Pendel eingeleitet werden. Praktische Versuche müssen zeigen, wie sich die trägheitslose Steuerung der Ruderkräfte auswirkt.

Boykow hat sich neben der eigentlichen Aufgabe der Stabilisierung vor allem die gestellt, die auftretenden Bewegungen des Flugzeuges um die zu stabilisierende Achse zu dämpfen. Er verwendet zu diesem Zweck eine Doppelkreiseleinrichtung, die er mit Trägheitsrahmen bezeichnet. Mittels dieser Einrichtung soll erreichbar sein, jede Steuerbetätigung so langsam und sparsam einsetzen zu lassen, daß das Flugzeug tatsächlich ruhig fliegt. Die auslösende Kraft für den Steuermechanismus regelt für jede der drei Achsen ein andres Gerät.

Abb. 15
Photographische Aufnahme der Anzeige des Behm-Luftlotes während einer Flugzeuglandung (Behm-Echolot-Fabrik, Kiel).

Mit dem Wachsen der Ausmaße der Verkehrsflugzeuge und den damit vergrößerten Verkehrsaufgaben wird auch die selbsttätige Steuerung an praktischer Bedeutung gewinnen. Daneben müssen jedoch für den die Steuerung überwachenden Führer die Überwachungsgeräte bestehen bleiben.

Von den Verfahren, mittels deren man Flugzeuge ohne Erdsicht führen kann, hat man besonders in Frankreich das Lotverfahren der elektromagnetischen Führung von Flugzeugen über Leitkabeln durchgebildet. Auch hier treten jedoch noch Schwierigkeiten auf, die bisher einer allgemeineren Einführung dieses Verfahrens entgegenstanden.

Für die Kurssteuerung ist noch an die Funkzielpeilung zu denken, mittels derer der Flugzeugführer auf einen Funksender zufliegen soll (Unmittelbar anzeigendes Peilverfahren von Dieckmann, München, Hörpeilverfahren von Telefunken, Berlin). Hochfrequenztechnisch einfache, betriebsichere Geräte sind noch nicht gefunden.

Geräte für die Navigation

Der Orter im Verkehrsgroßflugzeug übernimmt die Berechnung und Nachprüfung des Luftweges. Zwei Aufgaben sind zu lösen: Zeit- und Wegbestimmung. Die Zeit bestimmt man durch Zeitvergleich oder astronomische Messung. Die Wegbestimmung erfordert die Ausführung folgender Aufgaben: Richtungsmessung, Abtriftmessung, Höhenmessung, Geschwindigkeitsmessung, Ortsbestimmung.

Für den Zeitvergleich stehen Bord- und Bodenfunkstellen zur Verfügung. An Bord werden Chronometer mitgeführt. Bei bekanntem Standort kann mittels des Sextanten astronomisch eine Zeitbestimmung ausgeführt werden.

Bei den verschiedenen Aufgaben der Wegbestimmung hilft eine große Anzahl von Geräten. Als Kurs- und Richtungsanzeiger dient wie in der Schiffahrt, so auch in der Luftfahrt der Kompaß. Für den Orter baut man möglichst mittschiffs an mechanisch und magnetisch günstiger Stelle in der Navigationskabine einen Regelkompaß ein. Mit Erfolg hat man bei größeren Überseeflügen Fluidkompasse (150 mm Rosen-Dmr.) der Firma W. Ludolph, A.-G., Bremerhaven, benutzt. Es sind Kompasse von einer Schwingungsdauer von etwa 25 s. In Zukunft wird auch der Kreiselkompaß im Langstrecken-Luftverkehr Eingang finden. Derartige Anlagen sind jedoch von ziemlich erheblichem Gewicht und haben eine verhältnismäßig große elektrische Leistungsaufnahme, die bereits mehrere Stunden vor dem Aufstieg gebraucht wird. Die Verwendung von Kreiselkompaßanlagen scheint jedoch nur in sehr großen Flugzeugen mit entsprechend schwierigen Langstreckenaufgaben dann begründet, wenn dadurch erhebliche Vorteile oder Sicherungen für die Durchführung der Flüge gewährleistet sind, die auf anderm Wege nicht erreichbar erscheinen.

Die Feststellung der Geschwindigkeit über Grund wird bei allen dafür gebauten Geräten auf die Messung der Zeit zurückgeführt, die zwischen dem Durchlaufen eines Bodenpunktes zwischen zwei Marken einer Skala verstreicht. Die meisten dieser Geräte, mit denen man auch die Abtrift bestimmen kann, hat man für Außenbordmessungen eingerichtet, die jedoch infolge des ungünstigen Arbeitens im Fahrtwind keine guten Meßgenauigkeiten ergeben. Für große Verkehrsflugzeuge, besonders für Flugboote, muß man eine Vorrichtung schaffen, mittels derer man ein Boden- oder Wasserobjekt mit optischen Mitteln innerhalb der Orterkabine anpeilen kann. Für die Abtriftmessung gilt das gleiche. Über See wird ein vom Flugzeug abgeworfener Schwimmkörper (Farb-, Rauch- oder Leuchtpeilbombe) anvisiert. Von Nachteil ist, daß das Flugzeug während der Fallzeit bereits eine große Strecke zurücklegt und eine Peilung ungenau, wenn nicht ganz undurchführbar wird. Es wären zwei Wege zu versuchen: die Form der Peilbomben so zu wählen, daß die Trift nach achtern gering ist, oder die Peilbomben vorauszuschießen.

Abb. 16
Libellensextant Ludolph-Coldewey, Bremerhaven.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit über Grund muß die Flughöhe bekannt sein. Die Nachteile der absoluten (barometrischen) Höhenmessung wurden bereits im Abschnitt Überwachungsinstrumente für die Steuerung erwähnt. Von den verschiedenen Verfahren für relative Höhenmessung seien drei erwähnt, denen folgende physikalischen Erscheinungen zugrunde liegen: Kapazitätsänderung eines Kondensators, Reflexion elektrischer Wellen, Schallreflexion.

Bei dem Kapazitätshöhenmesser, den Junkers, Dessau, und Dr. E. F. Huth, Berlin, gebaut haben, wird die Änderung der Kapazität eines am Flugzeug angebrachten Kondensators bei Annäherung an den Erdboden mittels eines Resonanzverfahrens gemessen. Abschließende Erfahrungen über Brauchbarkeit und Grenzen des Instruments liegen noch nicht vor.

Bei dem Radiohöhenmesser, der besonders in Amerika Erfolge gezeitigt haben soll, handelt es sich um die Messung oder Beobachtung der Interferenzen von aus dem Flugzeug ausgestrahlten und vom Erdboden reflektierten elektrischen Kurzwellen.

Das beim Behm-Luftlot benutzte Verfahren beruht auf der Messung der Zeit, die der Schall braucht, um von seiner Entstehungsquelle im Flugzeug durch Reflexion am Erdboden wieder zum Flugzeug zurückzugelangen. Nach den Ergebnissen der bisher durchgeführten Versuche ist das Behmluftlot am meisten aussichtsreich, Abb. 15. Es muß aber in bezug auf die bekannt gewordenen relativen Höhenmesser (Bodenabstandsmesser) festgestellt werden, daß es bisher noch kein den Anforderungen im Verkehrsflugzeug genügendes Gerät gibt.

Ein für die Navigation im Flugzeug mehr und mehr an Bedeutung gewinnendes technisches Hilfsmittel ist die Funkpeilung. Eigen- und Fremdpeilung sind zu unterscheiden. Für lange Strecken wird vor allem der Peiler an Bord ein wertvolles Hilfsmittel sein, um von Zeit zu Zeit die Kursüberwachung beim Zufliegen auf einen

Abb. 17
Libellensextant Plath-Coutinho, Hamburg.

bestimmten Zielsender vorzunehmen (Abtrift) oder mit Hilfe zweier Sender Standortbestimmungen zu machen.

So wertvoll die Funkpeilung als Navigations-Hilfsmittel ist, so darf doch nicht vergessen werden, daß sie durch atmosphärische Störungen gefälscht oder ganz unmöglich gemacht werden kann. Auch die Reichweite der Peilempfänger überbrückt praktisch vorläufig nicht sehr große Entfernungen, wie sie z. B. für Transozeanflüge in Betracht kommen.

Für die Standortbestimmung auf Langstreckenflügen, besonders auf See, werden astronomische Verfahren eine wichtige Rolle spielen. Sextant und Chronometer werden Standortfeststellung im Flugzeug, wie Beobachtungen schon ergeben haben, mit ausreichender Genauigkeit ermöglichen. Für Auswertungsverfahren, die die umständlichen Rechnungen mit umfangreichen Nachschlagebüchern umgehen, sind Zahlentafeln herausgegeben worden.

Zum Gebrauch im Luftfahrzeug sind Sextanten konstruiert worden, mit denen man ohne den natürlichen Horizont Messungen ausführen kann: Libellen- und Horizontsextanten. Beim Coldewey-Ludolph-Libellensextanten, Abb. 16, wird im Gesichtsfeld das Gestirn neben die Libelle gebracht, die die Lage eines Scheinhorizonts angibt. Beim Libellensextanten Coutinho-Plath, Abb. 17, sieht man Libelle und Gestirn durch Einschaltung eines Wollastronprismas doppelt. An Stelle des natürlichen Horizonts kann als Bezugslinie die gemeinsame Sehne der beiden sich überschneidenden Libellenkreise genommen werden, Abb. 18 und 19. Beide Geräte haben handliche Form und haben bei Ausführung von Messungen durch geübtes Personal recht zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt. Neben diesen Libellensextanten sind im Ausland Horizontsextanten gebaut worden, deren Horizont durch einen luftbetriebenen Kreisel dargestellt wird. Eingehende praktische Erprobungen müssen lehren, ob eine der beiden Sextantenarten den Verhältnissen im Flugzeug besonders gut gerecht wird.

Für die Übermittlung der Nachrichten zwischen Orter und Führer sind Sprachrohranlagen am einfachsten und betriebsichersten. Von der Firma Siemens & Halske wird ein elektrisches Gerät hergestellt, bei dem vor das Mikrophon ein mechanisches Drosselgerät gesetzt wird, das die tiefen Frequenzen (um 400 Hertz), die vom Motor, Propeller und Auspuff herstammen, ausschaltet. Vielleicht wird für die Verbindung zwischen Orter und Führer auch das Kehlkopfmikrophon verwendbar.

Funk-Nachrichten- und Peilgeräte

Der drahtlosen Telegraphie kommt in der Verkehrsflugsicherung eine außerordentlich wichtige Aufgabe zu. Die Bordfunkstation hat Wetter-, Betriebs- und Ortungsmeldungen zu übermitteln. In der deutschen Verkehrsluftfahrt besteht seit etwa 2½ Jahren ein geregelter Funkverkehr zwischen Luftfahrzeugen und Bodenstationen.

Abb. 18
Blickfeld im Fernrohr des Libellensextanten Ludolph-Coldewey.

Abb. 19
Blickfeld im Fernrohr des Libellensextanten Plath-Coutinho.

Abb. 20 (links)
Flugzeug-Funkstation für 70 W, Telefunken, Berlin.

a Stromerzeuger und Regelpropeller
b Sicherungskasten
c Drosselkasten
d Sender
e Empfänger
f Taste
g Mikrophon
h Hörgerät
i Antennen-Amperemeter
k Antennenhaspel
l Antennenschacht

Abb. 21 (rechts)
Flugzeug-Funkstation für 100 W, C. Lorenz, Berlin.

a Drosselkasten
b Sicherungskasten
c Bedienungsgerät
d Antennenamperemeter
e Taste
f Empfänger
g Sender

Abb. 22
Dornier-Wal mit Notantenne.

Abb. 23
Dipolantenne am Junkers-Flugzeug F 13 für Kurzwellenverkehr.

Abb. 24
Telefunken-Peilrahmen am Superwal.
a Peilrahmen

Die ersten Langwellenstationen, die nach dem Kriege in Deutschland gebaut wurden, hatten ein Leistungsgewicht von 7 kg/W. Bei den heutigen Bordstationen von Telefunken, Berlin, Abb. 20, und Lorenz, Berlin, Abb. 21, liegen die entsprechenden Zahlen zwischen 0,8 und 0,5 kg/W. Die Betriebsicherheit konnte im deutschen Luftfunkverkehr auf 96 bis 97 vH gesteigert werden. Die Reichweiten der Stationen betragen bei 70 bis 100 W Antennenleistung für ungedämpfte Telegraphie 400 bis 600 km, für Telephonie 150 bis 200 km. Im Seeflugboot tritt der Wert der Bordfunkeinrichtung besonders bei Zwischenlandungen und Notlandungen in Erscheinung, Abb. 22. Dafür wird ein von einem Benzinkleinmotor angetriebener Stromerzeuger eingebaut. Der Motor wird in einzelnen Fällen gleichzeitig zum Antrieb eines Kompressors für das Anlassen der Flugmotoren benutzt.

Besonders beachtenswert ist die Frage der Energiebeschaffung für Bordfunkstationen. Für den Betrieb des Stromerzeugers ergeben sich in größeren Flugzeugen folgende Möglichkeiten: Antrieb durch Benzinmotor (für Dauerleistung) oder Kupplung eines Benzinmotors mit einem 110 V-Stromerzeuger und Umformung eines Teiles der erzeugten Energie in die für funkentelegraphischen Betrieb erforderliche. Für kleinere Maschinen kommen wohl zwei Wege in Frage: mit Luftschraube angetriebener Stromerzeuger, Regelung durch Verstellpropeller oder elektrisch, oder Kupplung mit Flugmotor und elektrische Regelung. Für große Flugzeuge kommen auch aus- und einschiebbare Luftschraubenantriebe in Betracht. Für die besonders für den Empfänger notwendige Spannungskonstanz, die mit Regelvorrichtungen nicht immer vollkommen erreicht wird, erscheint zweckmäßig, die Heizung Batterien zu entnehmen. Bei Oxydkathodenröhren kann man leichte Akkumulatoren verwenden. Für die Anodenspannung wären Trockenbatterien zu wählen. Als Vorteile sind noch hervorzuheben: Fortfall der Drosselspulen, Befreiung von Dynamostörungen und Möglichkeit des Mithörens der getasteten Morsezeichen.

Ganz besonders beachtenswert ist bei den Langwellenstationen die Antennenfrage. Für die 70 m lange Antenne ist unter Berücksichtigung von innerem Antennenwirkungsgrad und Strahlung die Welle 900 m, die international festgesetzte Welle für die Luftfahrt, nicht die günstigste. Für die Funkstation im Verkehrsflugzeug muß aber gefordert werden: größte Betriebsicherheit und größte Reichweite bei geringstem Gewicht.

Wesentlich günstiger werden die Verhältnisse von aufgewandter zu ausgestrahlter Energie bei Kurzwellensendern, für die am Flugzeug Dipolantennen zur Anwendung kommen können, Abb. 23. In Deutschland hat besonders die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt eingehende Untersuchungen angestellt, um die Frage der Verwendbarkeit von Kurzwellen im Flugzeug zu klären.

Die ausgeführten Flüge haben gezeigt, daß die sogenannten toten Zonen beim Verkehr zwischen Bodenstation und Flugzeug nur als Schwächungszonen auftreten, die jedoch einen Verkehr durchführen lassen. Die verwendeten Bordstationen von 0,5 bis 30 W Leistung sind auf gedrängtem Raum zusammengebaut und von geringem Gewicht, 10 bis 15 kg. Nach den bisherigen Ergebnissen steht zu erwarten, daß dem Kurzwellenverkehr eine hervorragende Bedeutung für die Sicherung von Langstreckenflügen zukommen wird.

Gegenwärtig werden im praktischen Luftverkehr die Versuchserfahrungen erweitert. Im Dauerbetrieb soll festgestellt werden, welcher Zuverlässigkeitswert unter allen Wetter-, Tages-, Nachtzeit- und Flugverhältnissen dem Kurzwellenbetrieb beizumessen ist. Neben der eigentlichen technischen Aufgabe spielt beim Kurzwellenempfänger die Schwierigkeit der Bedienung eine wesentliche Rolle. Dafür muß man geeignetes Personal erst heranbilden.

Einer schnellen allgemeinen Einführung der Kurzwellentelegraphie im Luftverkehr — die Bewährung auch im Dauerbetrieb vorausgesetzt — steht eine Reihe von Gründen entgegen. Als wesentlichste sind zu nennen: die Peilschwierigkeit der kurzen Wellen, die Abhängigkeit der Reichweiten von der Tageszeit, die fehlende Bodenorganisation, technisch und hinsichtlich Personen.

Der Funkpeilung (Langwellenstationen) kommt im Rahmen der Flugsicherung eine mehr und mehr an Umfang und Wichtigkeit zunehmende Rolle zu. Viele Flüge konnten in den letzten Jahren allein mit Unterstützung der Fremdpeilung durchgeführt werden. In Deutschland verwendet man Telefunken-Rahmenpeiler. Leider macht die Errichtung der Peiler nur langsame Fortschritte. Die Fremdpeilung weist gegenüber der Eigenpeilung gewisse Nachteile auf: Es können nicht mehrere Flugzeuge gleichzeitig gepeilt werden, das Verfahren ist verhältnismäßig langsam; infolge der Mitarbeit verschiedener Stellen sind mehrere Fehlerquellen möglich.

Aus diesen Gründen ist vor allem in Deutschland schon frühzeitig mit Untersuchungen begonnen worden, das Eigenpeilverfahren für das Flugzeug brauchbar zu machen. Mit Hilfe der im Flugzeug mitgeführten Peilanlage vermag der Funker oder Orter beliebig viele Peilungen vorzunehmen und jeden strahlenden Sender zur Peilung zu benutzen. Außerdem können Zielflüge mit Hilfe des Peilers durchgeführt werden. Die Bordpeilstationen der Firma Telefunken, Abb. 24, haben sich bereits auf mehreren Langstreckenflügen recht gut bewährt, jedoch sind noch eine Reihe von Verbesserungen

und Angleichungen an die Verhältnisse im Verkehrsflugzeug notwendig, um die Anlage für den Dauerbetrieb geeignet zu gestalten: z. B. Rahmen, der im Fluge geringsten Widerstand bietet (Vorschlag s. Abb. 25), Peilempfänger, der auch als Nachrichtenempfänger dient, leichte Überprüfmöglichkeit, auch während des Fluges. Enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und Luftverkehr bietet die beste Gewähr für zweckdienliche Entwicklung.

Neben dem Telefunkenpeiler sind noch andere Bordpeilanlagen durch Versuche bekannt geworden, Abb. 24. Beim unmittelbar zeigenden Peiler von Dieckmann, München, wird an einem als Kurszeiger ausgebildeten Dynamometer das Abweichen vom Kurs auf den Zielsender angegeben. Andre Peilverfahren, die praktisch noch nicht im Flugzeug erprobt worden sind, bieten die kurzen Wellen. Wird am Zielflughafen ein gerichteter Kurzwellensender aufgestellt, so kann innerhalb seines Strahlenkegels das Flugzeug auf den Sender zufliegen. Vielleicht erlangt dieses Verfahren Bedeutung für Langstreckenflüge.

Elektrische Licht- und Kraftanlagen

In den Verkehrsflugzeugen ist die elektrische Licht- und Kraftanlage noch von verhältnismäßig kleinen Ausmaßen. Aus Gewichtsgründen wird naturgemäß der Leistungsbedarf auf einem Mindestwert gehalten. Die Energiequellen sind meist mittels Luftschraube angetriebene Lichtmaschinen, parallelgeschaltet mit einem Akkumulator. Angestrebt wird, auch Lichtmaschinen zur Vermeidung des schädlichen Widerstandes im Fahrtwind vom Äußeren ins Innere des Flugzeuges zu versetzen. Für Lichtmaschinen in kleineren Flugzeugen ergibt sich die Möglichkeit des Antriebs durch den Flugmotor. Für größere Flugzeuge ist an eine Energiezentrale zu denken, die über einen Benzinmotor für Dauerleistung als Kraftquelle verfügt (Umformeranlage für Funkentelegraphie und Kreiselbetrieb). Für Notfälle muß eine Akkumulatorenbatterie mitgeführt werden.

Die Verlegungsart der Leitungen geht mehr und mehr wegen der höheren Betriebsicherheit zur zweipoligen über.

Es wäre eine dankenswerte Aufgabe, Energiequellen und Installationsmaterial zu schaffen, die den Verhältnissen im Verkehrsflugzeug besonders angepaßt sind. Für den Antrieb der verschiedenen Hilfsmaschinen werden leichte Benzinkleinmotoren von 5 bis 10 PS gebraucht, die für Dauerleistung geeignet sind. Um zu leichteren Lichtmaschinen, als heute üblich, zu kommen, wären schnelllaufende Stromerzeuger zu bauen. Die Nachfrage nach einem betriebsicheren Akkumulator, dessen Wattstundenzahl bezogen auf 1 kg seines Gewichtes möglichst hoch und der gegen Überladung möglichst unempfindlich ist, ist besonders dringend. Die Installationsteile sollten betriebsicher, möglichst wasserdicht und leicht sein.

Für Nachtflugzeuge spielt die Beleuchtung des Führerraumes und des Geländes, sowie die Kennzeichnung des Flugzeuges durch Positionslichter eine wichtige Rolle. Im Führerraum sollen die Instrumente von möglichst diffusem Licht, das die Flugzeugführer nicht blendet und keine Reflexe gibt, beleuchtet werden. Für Aufstieg und Landung bei Nacht sind Bordscheinwerfer und pyrotechnische Fackeln im Gebrauch. Scheinwerfer sollten im allgemeinen auf gut vorbereiteten Nachtlandeplätzen ausreichend sein. In Deutschland werden gegenwärtig zumeist Scheinwerfer mit fest eingestellter Optik verwendet, die mit einer gewissen Breitenstreuung das Feld vor dem aufsteigenden oder landenden Flugzeug beleuchten. Für Orientierung vor der Landung sowie zum Ableuchten von Gegenständen auf der Erde während des Fluges haben sich Suchscheinwerfer bewährt. Neuerdings werden Versuche mit kombinierten Scheinwerfern gemacht, die, mit Glühlampen doppelten Leuchtsystems ausgerüstet, beiden Zwecken dienen sollen und schwenkbar sind. Die Grenze der Brauchbarkeit von Scheinwerfern für Nachtlandungen wird durch die in vielen Fällen nicht ausreichende Helligkeit gezogen. Hier sollten technische Wege gefunden werden, die Lichtausbeute für den beabsichtigten Zweck günstiger zu gestalten.

Abb. 25
Rahmenantenne für Flugzeuge
(Vorschlag).

Für Zwischenlandungen auf unvorbereiteten Plätzen bieten die pyrotechnischen Landefackeln, die an den Tragdeckenden der Flugzeuge aufgehängt sind, eine vorzügliche Hilfe. Die Fackeln stellen jedoch eine gewisse Gefahr für Gegenstände auf der Erde sowie für das Flugzeug selbst dar. Die Entwicklung geht deshalb in der Richtung, durch Leistungserhöhung der Bordscheinwerfer und Ausgestaltung der Nachtflughäfen mit erweiterten Bodenhilfsmitteln für Start und Landung und durch Einsatz von Nachtflugzeugen, die praktisch zu Zwischenlandungen nicht gezwungen sind (Leistungsüberschuß), das Mitführen oder Abbrennen von Fackeln auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken. Außerdem läßt sich aber noch einiges zur technischen Verbesserung der Fackeln selbst tun.

Schutzgeräte

In diese Gruppe gehören: Feuerschutzgeräte, Luftverbesserer für die Kabinen, Mittel gegen Luftkrankheit.

Bei der Ausgestaltung der zentralen Bedienungsstelle für die Motoren strebt man danach die Schalter zu vereinigen, die im Brandfall oder im Fall einer voraussichtlichen Fehllandung betätigt werden müssen. Abschalten der Betriebstoffzufuhr, Ausschalten der Zündung und Auslösen der Feuerlöscher soll für jede Triebwerkeinheit durch Einschlagen e i n e s Knopfes eingeleitet werden können. Außerdem muß eine einzige zu betätigende Vorrichtung dazu dienen, im Bedarfsfalle sämtliche Triebwerkschutzgeräte gleichzeitig einzuschalten. Gesondert ist der Schalter zu betätigen, der das gesamte Licht- und Kraftstromnetz stromlos macht.

Zum Löschen von nur noch selten auftretenden Vergaserbränden, zu deren Verhütung bei den in Verkehrsflugzeugen verwendeten Motoren Vorkehrungen getroffen sind, werden Anlagen eingebaut, für die sich Tetrachlorkohlenstoff als Löschmittel sehr gut bewährt hat. Mit 1 bis 2 l Tetra können, wie die Praxis gelehrt hat, 3 bis 4 nacheinander auftretende Vergaserbrände gelöscht werden. Für die Art der Anlagen hat sich etwa folgender Grundsatz herausgebildet: Für e i n m o t o r i g e Flugzeuge Löscher, die selbsttätig und von Hand auszulösen und abstellbar sind, um für nacheinander auftretende Brände verfügbar zu sein. Für mehrmotorige Flugzeuge, deren Motoren sich weitab vom Führer oder Motorenwartraum befinden, Löscher, die selbsttätig und von fern ausgelöst werden können (elektrisch vom Führer- oder Motorenwartraum aus), Löschgefäß unmittelbar am Motor, um lange Leitungen zu vermeiden, die beschädigt werden können. Im mehrmotorigen Verkehrsflugzeug, dessen Motoren während des Fluges nicht zugänglich sind, wird ein Motor, der Vergaserbrand gehabt hat, aus Sicherheitsgründen im allgemeinen nicht wieder in Betrieb gesetzt werden, so daß mehrmalige Löschmöglichkeit für jeden einzelnen Motor nicht unbedingt erforderlich ist.

Besondere Beachtung verdient die Frage des Schutzes gegen den Ausbruch von Feuer beim Aufschlagen von Flugzeugen auf der Erde infolge Fehllandungen. Die Statistiken aller Luftfahrt treibenden Länder lehren, daß die meisten Brände in diesen Fällen dadurch entstehen, daß sich das durch Bruch von Behältern oder Leitungen entstehende

Brennstoff-Luft-Gemisch an heißen Auspuffstellen entzündet. Es werden Versuche gemacht, derartige Brände zu verhindern. Der Auspufftopf soll soweit abgekühlt werden, daß er nicht mehr die für eine Entzündung notwendige Temperatur hat.

Für den Feuerschutz des Brennstoff-Lagerraumes sollte man künftig sich im Brandfalle selbsttätig auslösende Löschvorrichtungen mit Kohlensäure verwenden. In den Kabinen werden Handfeuerlöscher mitgeführt.

Neben der bei künftigen Verkehrsflugzeugen mehr zu fordernden Wärme- und Schallisolation der Fluggasträume sollten auch Luftverbesserungsverfahren Eingang finden. Es werden bereits praktisch Ozonisierungsgeräte erprobt. Schließlich sind nicht die Sanitätsmittel, die in jedem Verkehrsflugzeug anzutreffen sind, zu vergessen. In jedem Verkehrsflugzeug befindet sich an einer einheitlich bestimmten Stelle ein Sanitätskasten, der ausreichende Verbandstoffe für die erste Hilfe enthält. Gegen die bei einzelnen Fluggästen zeitweilig auftretende Luftkrankheit sind eine Anzahl von Verhütungsmitteln, Medikamente und Inhalationsverfahren, vorgeschlagen und schon mit Erfolg erprobt worden.

Geräte für die Fluggäste

Neben den für den eigentlichen technischen Betrieb des Verkehrsflugzeuges erforderlichen Bordgeräten sind Geräte für die Fluggäste in den Kabinen zu nennen. In jedem Fluggastraum befindet sich schon jetzt ein Höhen- und Temperaturmesser. Standortanzeiger wurden versuchsweise eingebaut und haben den Beifall des fliegenden Publikums gefunden. In größeren Flugzeugen wird eine elektrische Küche eingebaut. Auch Telegrammabgabe und -annahme sowie der Rundfunk werden später im Verkehrsflugzeug eingeführt werden.

Die vorliegenden Ausführungen können keinen Anspruch auf erschöpfende Darstellung des umfangreichen Gebietes erheben, weder der physikalischen Möglichkeiten für die verschiedenen Aufgaben, noch der Anforderungen, die der praktische Luftverkehr an die Bordgeräte stellt. Jedoch sollte den Stellen, die sich im Luftwesen und in der Industrie fliegerisch oder technisch mit diesen Fragen beschäftigen, ein Überblick über das Gesamtgebiet gegeben werden, um zum Mitdenken und Mitschaffen an den gestellten Aufgaben anzuregen. Die Stelle, die sich in einem Verkehrsunternehmen mit der Bordgerätausrüstung der Flugzeuge befaßt, stellt sich die Aufgabe, mit einem geringsten Aufwand an Geräten die unbedingt notwendigen Hilfsmittel für die Sicherung des Verkehrsfluges zu schaffen. Die Bordgerätentwicklung für wachsende Luftverkehrsaufgaben muß sich organisch der Weiterentwicklung der Motoren und der Flugzeuge angliedern.

Der technischen Wertsteigerung des Materials muß eine technische Weiterausbildung des Personals parallellaufen. Bei der Deutschen Luft-Hansa wurden schon vor Jahren Dunkelkammerflüge ausgeführt, um die Flugzeugführer im Fliegen nach Geräten zu schulen. In Frankreich und Holland wurden eingehende Untersuchungen in gleicher Richtung angestellt, die zeigen, welche Bedeutung diesem Gebiet auch dort beigemessen wird. Das Ziel muß sein: die Führung des Flugzeuges ohne Bodensicht, unabhängig vom Wetter, nur nach Instrumenten.

Die Frage Luftverkehr ist noch auf Jahre hinaus eine vorwiegend technische Frage. Alle verfügbaren technischen Mittel müssen eingesetzt werden, um aus dem Flugzeug ein zu höchster Betriebsicherheit gesteigertes Verkehrsmittel zu schaffen. Erst dann kann das Flugzeug in Verkehr und Wirtschaft die Rolle spielen, die ihm dank seiner eingangs erwähnten Eigenschaften zukommt, und erst dann ist an eine eigene Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs zu denken. B. 1951

BÜCHERSCHAU

Handbuch für Flugzeugführer. Herausgeg. von H. G. Bader. Unter Mitarbeit von Barth, Blume, Boykow, Goßlau, Lempertz, Leonhardy und v. Mitterwallner. Berlin 1928, VDI-Verlag. 193 S. m. 91 Abb. u. 7 Taf. Preis 12 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 10,80 *RM*.

Ein Handbuch im Sinne des Sprachgebrauchs ist dies Sammelwerk nicht, weil es dem Herausgeber „weniger darauf ankam, eine Fülle von einzelnen Kenntnissen wiederzugeben, die das Eigentum des Flugzeugführers sein sollten, als sein Denken in diejenigen Bahnen zu lenken, in denen es der Entwicklung der Flugtechnik am förderlichsten sein kann". Es ist also, wenn ich das richtig verstehe, beabsichtigt, dem Berufs-Flugzeugführer eine Art Fortbildungskursus zu bieten, der aufbaut auf dem planmäßigen Wissen, das der Flugschüler im theoretischen Unterricht mit auf den Luftweg bekommt. Diesem Zweck würde meines Erachtens eine mehr systematische Aufstellung besser entsprechen als Sammlung leichtfaßlicher Abhandlungen, die bewußt anregend gestaltet sind.

So hat Bader selbst den Einfluß der Bauart auf Flugleistungen und Flugeigenschaften geistvoll behandelt. Der zweite Teil über das Triebwerk von dem bekannten Motorenfachmann F. Goßlau kommt mit seinen zahlreichen guten Abbildungen, auch Zeichnungen, mit seinen ausführlichen Zahlenangaben und praktischen Zusammenstellungen der Vorgänge beim Anlassen und Abstellen, der Vergaserregelung und der Störungsabhilfe einem Handbuch noch am nächsten.

I. M. Boykow behandelt auf 21 Seiten die Meßgeräte, darunter zahlreiche eigene Schöpfungen. Bei den Nebelfluggeräten (S. 64 bis 65, 73 bis 75 und 78) werden die grundsätzlich wie auch in der praktischen Auswertung ihrer Anzeige durchaus verschiedenen Wendezeiger und künstlichen Horizonte als gleichartig beschrieben. Vom Drexler-Steuerzeiger wird gesagt, daß seine Kreiselachse „zur Flugrichtung parallel" sei; in Wahrheit liegt sie entweder zur Quer- oder zur Längsachse des Flugzeugs parallel. Vom Gyrorector heißt es, er beruhe ebenfalls, wie der Anschütz-Fliegerhorizont, „auf dem Kreisellot. Hinzu kommt noch eine Stützvorrichtung, die die Schwingung des Kreisellots sehr stark dämpft...". In Wahrheit handelt es sich um ein Pendel, auf dem ein Relais-Kreisel die Stützvorrichtung im Sinne einer Verminderung der Rückführkraft steuert.

Das Kapitel Einfliegerei von P. H. von Mitterwallner bringt dagegen wieder eine Fülle praktischer Fingerzeige für die Prüfung und Vermessung neuer Flugzeuge in der Luft; es könnte auch in einem Handbuch stehen!

Weiterhin behandelt O. Barth kurz die Organisation des Luftverkehrs, und der leider verstorbene L. Leonhardy, selbst ein Vorkämpfer der Fliegerausbildung, in einer sachlichen, übersichtlichen Zusammenstellung die Anforderungen an den Verkehrsflieger.

E. Lempertz bringt das Wichtigste aus der Wetterkunde, erfreulicherweise mit zahlreichen Literaturangaben, die man sonst in dem Buche oft sehr vermißt, und in einer Form, die auch für den Unterricht von Flugschülern geeignet und wertvoll scheint.

Endlich beleuchtet der als Flieger und Konstrukteur gleich bewährte W. Blum die Wechselwirkung zwischen Flugzeugführer und Flugzeugbauer von verschiedenen Seiten in fesselnder Darstellung. — Alles in allem ein recht bemerkenswerter Versuch, höchst Verschiedenartiges zu einer wertvollen Einheit zu verwenden.

[E 1999] Everling

Jahrbuch der wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt E. V. (WGL) 1927. München u. Berlin 1928, R. Oldenbourg. 188 S. m. Abb. Preis 20 *RM*.

Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt E. V. (WGL). **Bücherverzeichnis der Zentralbibliothek der Deutschen Luftfahrt bei der WGL.** Nach dem Stande vom Mai 1928, Selbstverlag. 335 S. Preis 6 *RM*.

Technische Fachbücher. Herausgeg. von Arnold Meyer. 10. Bd.: **Einführung in die Flugtechnik.** Von Julius Spiegel. München 1928, C. W. Kreidel. 139 S. m. 49 Abb. Preis 2,25 *RM*.

Junkers-Frachtflugzeug W 33 als Transozean-Flugzeug „Bremen“

Von Dipl.-Ing. Dr. Alois Robert Böhm, Dessau[1])

Das Bremen-Baumuster W 33 im Rahmen der Junkers-Entwicklungsreihe. — Beschreibung der Zelle und des Motors. — Versuchsflüge und Berechnungen, um das Langstreckenflugzeug für seine Aufgabe reif zu machen. — Entwicklung und Auswahl der Bordgeräte. — Meteorologische Vorbereitung. — Allgemeine Erkenntnis aus dem Transozeanflug.

Wahl des Flugzeuges

Das Junkers-Flugzeug, Baumuster W 33, wurde aus dem bekannten Verkehrsflugzeug, Baumuster F 13[2]), entwickelt und trat zum erstenmal beim deutschen Seeflug-Wettbewerb[3]) in die Öffentlichkeit. Das Flugzeug errang bei diesem Wettbewerb den zweiten Preis. Es verdankte den Erfolg der durch die gute aerodynamische Durchbildung der Zelle bedingten hohen Gleitzahl und dem niedrigen Brennstoffverbrauch des mit einer besonderen Sparvorrichtung ausgerüsteten Junkers-Flugmotors, Baumuster L 5. Die weitere Entwicklung des Flugzeuges führte durch einfache Maßnahmen zu einer Erhöhung seiner Bausicherheit und damit seiner Überlastbarkeit. Alle diese Eigenschaften ließen das Baumuster W 33 als das geeignete Flugzeug für Langstrecken- und Dauerflüge erscheinen.

Die Richtigkeit dieser Anschauungen wurde durch eine Reihe von Flügen bestätigt, die im Frühjahr 1927 durchgeführt wurden und die Welthöchstleistungen brachten, von denen heute noch unübertroffen sind:

Mit 500 kg Nutzlast:

der Dauerrekord . . . 22 h, 11 m, 45 s,
der Streckenrekord . . 2735 km, 586 m,

sowie der am 5. bis 7. Juli 1928 neu aufgestellte Dauerrekord von 65 h, 28 min.

Abb. 8
Mittelstück des Junkers-Frachtflugzeuges, Baumuster W 33. Einbau des Fahrgestells.

Die hierbei gewonnenen Erfahrungen führten zu weiteren Verbesserungen. Aus der Reihe dieser W 33-Bauart, mit der schon im Vorjahr ein Weltdauerrekord von 52 h, 22 min aufgestellt worden war, stammt auch das Transozeanflugzeug Bremen.

Der erste Dauerrekordflug war gewissermaßen die Generalprobe für die Transozean-Flugversuche des Sommers 1927. Man konnte mit gutem Gewissen die Zelle und den Motor für eine derartige Leistungsprobe einsetzen, die, durch Dauerleistungen in jeder Hinsicht praktisch erprobt, die größtmögliche Gewähr für das Gelingen des Transozeanfluges boten. Es darf hier im Rahmen dieser technischen Betrachtung aber keineswegs übersehen werden, der persönlichen Leistungen der Flugzeugbesatzungen zu gedenken und darauf hinzuweisen, daß ihre hervorragende Leistung für den Erfolg ebenso unerläßlich war wie die Eignung des Flugzeuges, Abb. 1 bis 7, selbst.

Die Zelle des Baumusters W 33

Der durch das grundlegende Junkerspatent aus dem Jahre 1910[4]) über den freitragenden, verspannungslosen Flügel vorgezeichnete Weg ist auch in der Konstruktion W 33 sinngemäß weiter verfolgt worden. Schon der rein äußere Eindruck zeigt die enge Verwandtschaft zwischen dem Junkersflugzeug, Baumuster F 13, das 1919 als erstes, ausschließlich für Verkehrszwecke gebautes Flugzeug die Junkerswerke verlassen hat, und dem Baumuster W 33, das ebenso für rein wirtschaftliche Zwecke als Sonderfrachtflugzeug geschaffen wurde und bei dessen Bau Mittelgerüst und Außentragflächen des Baumusters F 13 vollständig übernommen wurden.

Alle wesentlichen Bauelemente des Baumusters F 13 sind in der W 33-Konstruktion beibehalten worden: die neun Holmrohre, die durch Knotenstücke und Streben zu einem mehrfach statisch unbestimmten Trägergerüst verbunden sind, das in gleicher Weise das Mittelstück, Abb. 8, wie die Außentragflächen bildet; der mit dem Mittelgerüst organisch verbundene und auf diesem aufgebaute Rumpf; der Anschluß der Außentragflächen durch neun Kugelver-

[1]) Als Grundlagen für die nachstehende Arbeit dienten die Berichte von Dr. Gasterstädt, Dipl.-Ing. Schinzinger und Dipl.-Ing. Pohlmann über ihre Vorarbeiten und Versuche bei der Schaffung des Baumusters W 33 und bei den vorbereitenden Laboratoriumsarbeiten und Versuchen mit diesem Flugzeug und dem Junkers-Flugmotor Baumuster L 5.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 617.
[3]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1641 u. f.

Abb. 1 bis 5
Das Junkersflugzeug, Baumuster W 33.

[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1041.

Abb. 6 und 7
Flugleistungskurven des Junkers-Frachtflugzeuges, Baumuster W 33, mit Junkers 310 PS-Motor, Baumuster L 5 (n = 1500 U/min, Verdichtungsverhältnis 1 : 5,5) und Junkers-Metallluftschraube.
a Steiggeschwindigkeit *b* Steigzeit

Abb. 9
Beladen des Baumusters W 33 durch die seitliche Tür zum Frachtraum.

schraubungen an die Mittelgerüststummel. Die Wellblechbeplankung von Rumpf, Tragwerk und Leitwerk, die gleichzeitig Außenhaut und Schubverband ist, kennzeichnet das Baumuster W 33 ebenso wie die Junkers-Flugzeugkonstruktion überhaupt.

Um das Flugzeug als Land- und auch als Wasserflugzeug verwenden zu können, sind am Mittelgerüst Anschlußpunkte für das Fahrwerk, dessen Räder durch Schneekufen ersetzt werden können, und für das Schwimmwerk vorhanden.

Als Kraftquelle für Baumuster W 33 ist der Junkers-L 5-Motor eingebaut, hinter dem, durch ein Brandschott getrennt, der Führerraum mit den zwei Sitzen und dem Doppelsteuer liegt. Eine kleine Tür führt vom Führerraum in den dahintergelegenen Frachtraum, der mit einem Rauminhalt von 4,8 m³ die Aufnahme selbst sperriger Güter gestattet. Der Brennstoffbehälter ist im Flügel angeordnet. Den Brennstoff fördert die Motorpumpe zum Vergaser; für den Fall des Versagens der Normalbrennstoffleitung ist ein Fallbehälter eingebaut.

Das Flugzeug belädt man durch eine in der Frachtkabine befindliche, oben verschließbare Deckluke. Neuerdings hat man das Baumuster W 33 auch mit seitlicher Türe zum Frachtraum, Abb. 9, Fenstern und Notsitzen ausgestattet, um auch Fluggäste befördern zu können.

Das Flugzeug „Bremen“ hatte einen durch Zellonfenster abgeschlossenen Führerraum und eine mit Rücksicht auf die notwendige Flugdauer vergrößerte Brennstoffanlage, nämlich außer den beiden Normal-Brennstoffbehältern im Mittelgerüst noch je einen Behälter in den zwei Außentragflächen und drei Behälter in dem Frachtraum. Die aus geschweißtem Aluminiumwellblech gebauten Behälter waren durch zwei Hahnbatterien miteinander verbunden, so daß man die Behälter beliebig schalten konnte. Die Brennstoffbehälter im Frachtraum, von denen jeder einen Inhalt von 400 l hatte, waren während des Fluges entleerbar, so daß sie für den Fall eines Niedergehens auf dem Wasser gemeinsam mit den leeren Flächenbehältern und den in den Außentragflächen untergebrachten Luftschläuchen das Flugzeug hätten über Wasser halten können. Gegen die Vereisungsgefahr waren die Tragflächen und die Luftschraube der „Bremen“ mit einer dünnen Paraffinschicht überzogen.

Zahlentafel 1 enthält die Gewichte und Abmessungen des normalen Baumusters W 33 und des Transozeanflugzeugs „Bremen“:

Zahlentafel 1
Gewichte und Abmessungen des normalen Baumusters W 33 und des Transozeanflugzeuges „Bremen“

		Baumuster W 33	„Bremen“
Reingewicht	kg	1200	1350
Besatzung	„	75	250
Brennstoff	„	275	1932
Öl	„	20	135
Ausrüstung	„	60	18
Nutzlast	„	850	
Gesamt-Zuladung	kg	1280	2335
Fluggewicht	„	2500	3700
Länge über alles	m	10,50	10,50
Spannweite	„	17,75	17,75
Höhe	„	3,5	3,5
Tragfläche und Querruder	m²	43	43
Querruder zusammen	„	3,6	3,6
Höhenflosse	„	3,7	3,7
Höhenruder	„	3,26	3,26
Seitenflosse	„	0,35	0,35
Seitenruder	„	1,25	1,25
Flächenbelastung	kg/m²	58	—
Motor		Junkers L 5	Junkers L 5
Verdichtungsverhältnis		1 : 5,5	1 : 7
Propeller		Junkers-Metall	Junkers-Metall
Motorleistung		280/310	280,360

Der Junkers-Flugmotor Baumuster L 5

Der Junkers-Flugmotor, Baumuster L 5, Abb. 10, den man in das Flugzeug Bremen eingebaut hatte, entspricht dem gewöhnlichen Reihenmotor, nur hatte er statt des normalen Verdichtungsverhältnisses 1 : 5,5 ein Verdichtungsverhältnis 1 : 7, beim Betriebe mit reinem Benzol.

Spitzenleistung	360 PS
Gewicht ohne Nabe, Luftschraube, Wasser, Öl und Auspuffstutzen ungefähr	325 kg
Bohrung	160 mm
Hub	190 „
Magnete	1 Bosch FO 6 mit verbesserter elastischer Kupplung, 1 Scintilla GN 6
Vergaser	Sum in Junkers-Sonderausführung

Der Junkers-L 5-Motor hatte sich im dreijährigen Betriebe auf den Luftverkehrstrecken aller Zonen als durchaus betriebsicher erwiesen und selbst nach Überholungsabschnitten bis zu 530 Betriebstunden keine wesentliche Abnutzung gezeigt. Wenn daher auch nach den Erfahrungen im Luftverkehr der Motor für einen derartigen Flug als durchaus geeignet angesehen werden mußte und die Rekordflüge der Baumuster W 33 und G 24 diese Annahme voll bestätigten, war man doch bestrebt, jede erfahrungsmäßig mögliche Fehlerquelle auszuschalten.

Gerade hier zeigte sich wieder die große Bedeutung der Zusammenarbeit von Forschung und Herstellung für die Praxis. Um dem Bremen-Motor bei vollkommener Betriebssicherheit auf diesem Dauerfluge den geringsten Verbrauch an Betriebsstoffen und erhöhte Startleistung zu geben, machte die Forschungsanstalt eine große Reihe systematischer Versuche. Auf Grund ihrer Prüfverfahren konnte sie den Werkstoff- und Teillieferanten die für die Verbesserung notwendigen Anregungen geben und an der

Abb. 10
Der Junkers-Flugmotor, Baumuster L 5.

Hand der eigenen Untersuchungen die Auslese treffen, die für den Bau eines so hochwertigen Werkstückes notwendig ist.

So wurden z. B. die Kolben mittels Röntgendurchleuchtung auf Gußhohlräume und nicht einwandfrei eingegossene Bolzenbüchsen geprüft, die Kolbenböden metallographisch auf ihren Gefügebau untersucht; die Schäfte der Schubstangen, bei denen die mikroskopische Untersuchung Schlackeneinschlüsse und Vergütungsrisse ergab, wurden ausgeschieden. Für die besonders hoch beanspruchten Ventilkegel wurde mit dem Lieferwerk gemeinsam ein besondres Schmiedeverfahren ausgearbeitet, das den richtigen Faserverlauf erreichen ließ. Durch Verstärkung der Ventilfedern wurde ihre Beanspruchung um 25 vH ermäßigt und gleichzeitig die Eigenschwingungszahl um 50 vH erhöht.

Um das Leckwerden der Kühlanlage soweit wie nur irgend möglich auszuschließen, wurden Schweißversuche unternommen, die zu einer Verbesserung des Schweißverfahrens führten, nach welchem man den Kühlwassermantel an den Zylindern nach einem eigenen Schweißverfahren befestigte.

Abb. 13
Leistungs-, Brennstoff- und Ölverbrauchs-Kurven des Junkers-Flugmotor, Baumuster L 5.

Es war außerdem die Möglichkeit vorgesehen, Kühlwasser durch eine Leitung nachzufüllen, die vom Kühlereinfüllstutzen zum Führerraum führte und dort in einem Gummischlauch mit Einfüllbecher endete.

Schon für den Reihenmotor hatte man den Sum-Junkers-Sondervergaser, Abb. 11 und 12, entwickelt, einen Doppelvergaser, durch dessen einfache Bauart Zuverlässigkeit und leichte Bedienung erreicht wurde. Der Vergaser hat einen Schieber, mit dem der Flugzeugführer die Zusatzluft drosseln und damit die Gemischbildung für alle Belastungen, Drehzahlen und Höhen günstig beeinflussen kann. Die Sparvorrichtung hat sich beim Transozeanflug und bei den Dauerrekordflügen besonders bewährt. Sie gestattet auch, bei Teilbelastungen an Brennstoff zu sparen.

Um den thermischen Wirkungsgrad des Motors zu steigern und die für den Start notwendige Spitzenleistung zu erreichen, wurde das normale Verdichtungsverhältnis von 1 : 5,5 auf 1 : 7 erhöht, Abb. 13. Die Spitzenleistung von 310 PS stieg damit auf 360 PS bei einer Drehzahlsteigerung von 1500 auf 1530 U/min, während sich der Brennstoffverbrauch, entsprechend der Belastung, auf 217 g/PSh bei $N_e = 360$ PS gleitend ermäßigte.

Abb. 11 und 12
Doppelvergaser, Bauart Sum, in Junkers-Sonderausführung mit Höhenluftregelung.
a Luftschieber

Versuchsflüge und Berechnungen

Die Transozean-Flugversuche im August 1927 und der Dauerrekordflug brachten eine Reihe von Anregungen, die teils unmittelbar ausgewertet wurden, teils Versuchsflüge und Berechnungen veranlaßten, deren Ergebnis der Ausgestaltung des Flugzeuges „Bremen" und der sorgfältigen Vorbereitung des Köhl-Hünefeldschen Transozeanfluges zustatten kam.

Abb. 14
Brennstoffleitungs- und -behälter-Anlage der „Bremen".

a Gerätebrett umgelegt
b Filter 1
c Druckregler hinter Filter 1
d Filter 2
e Motorpumpe
f Fallbehälter
g Schauglas für Überlaufleitung
h Schauglas
i Allweiler-Handpumpe
k Hahn
l Membranpumpe
m Entlüftungsrohr
n Hahnbatterie
o Entlüfter

Zur Prüfung der Gummibereifung der Räder wurden Probefahrten und Rollversuche bis zu 4000 kg Belastung durchgeführt. Die normale Brennstoffanlage wurde durch eine Mittelgerüst-Behälteranlage, bestehend aus drei Behältern, die man links und rechts vom Rumpf einbaute, ersetzt. Die Behälteranlage in den Flügeln und in dem Frachtraum zeigt Abb. 14.

In das Transozeanflugzeug hat man neben dem Motor auf der Auslaßseite einen 40 l fassenden Behälter für Öl eingebaut. Da dieser Behälter den Motorschwingungen ausgesetzt war, hat man ihn nicht wie die Brennstoffbehälter aus Aluminium, sondern aus Messingblech hergestellt.

Von ausschlaggebender Bedeutung war für das Gelingen des Fluges die Wahl eines richtigen Propellers, der sowohl einen großen Standzug als auch einen guten Wirkungsgrad und im Reiseflug einen Höchstwert ergab. Neben diesen grundsätzlichen Erfordernissen war zu berücksichtigen, daß dem Propeller der Vorzug gegeben werden mußte, der bei größerer Geschwindigkeit den geringsten Brennstoffverbrauch, bezogen auf ein Flugkilometer, ermöglichte und so gestattete, die Windbeeinflussung herabzumindern.

Aus den durchgeführten Versuchsflügen ging der Junkers-Metallpropeller[5]) als geeignet hervor, der den Anforderungen nach einem guten Start bei hoher Last mit gutem Wirkungsgrad bei hoher Reisegeschwindigkeit am besten entsprach und dessen Propellerblätter die der Belastung der Maschine entsprechende günstigste Einstellung gestatten.

An Bordgeräten wurden im Einvernehmen mit Hauptmann Köhl zwei Geschwindigkeitsmesser und zwei Askania-Wendezeiger eingebaut, um für den Fall des Versagens die notwendige Übersicht nicht zu verlieren. Ein Bamberg-Höhenmesser von 0 bis 500 m Höhe für Wagerechtflug und ein Goerz-Höhenmesser bis 5000 m waren die weiteren Bordgeräte. Für die Überwachung des Motors hatte man einen Umlaufzähler, ein Schlegelmilch-Thermometer am Kühler, ein Fernthermometer an der Kühlwasserpumpe und ein Ölmanometer eingebaut. Ein Flüssigkeits-Längs- und ein Libellen-Quer-Neigungsmesser bildeten die weitere Ausrüstung. Die eine Antriebsluftdüse der für den Nebelflug eingebauten Askania-Wendezeiger war einziehbar, um bei vorkommender Vereisung in der Kabine wieder aufgetaut werden zu können. Die beiden Düsen hatte man am Rumpf so angebracht, daß sie im Strom der warmen Auspuffgase lagen und schon durch diese Maßnahme die Wahrscheinlichkeit der Vereisung herabgesetzt wurde.

Als Navigationsgeräte hatte man zwei Askania-Glockenkompasse neben dem Führer- und Beobachtersitz und einen Luftfernkompaß eingebaut.

Mit dieser Ausrüstung wurden Nebelflugversuche durchgeführt, bei denen die Zellonfenster der Führersitzverkleidung auf der Flugzeugführerseite vollständig verdeckt waren; der Flugzeugführer war also gezwungen, unter gleichen Bedingungen zu steuern wie im Nebel oder bei vollkommener Dunkelheit. Der neben ihm sitzende Führer hatte freien Ausblick und konnte von seinem Sitz aus die richtige Führung des Flugzeuges überwachen. Die Übungen im Nebelflug haben zu einer wesentlichen Verbesserung der Wendezeiger geführt, so daß auf dem Transozeanflug, während der Nacht und beim Flug durch die Nebelbänke an der kanadischen Küste, Hauptmann Köhl die Sicherheit in der Flugzeugführung behielt, die für das Gelingen ausschlaggebend war.

Die Aufstiegversuche und die Berechnungen ergaben für das Baumuster W 33 eine obere Belastungsgrenze, die durch die Bausicherheit und durch die Aufstiegmöglichkeit gegeben ist. Außerdem besteht die Notwendigkeit, eine Mindeststeiggeschwindigkeit nach dem Abflug nicht zu unterschreiten, um Hindernisse in der Nähe des Flugfeldes überfliegen zu können. Eine Kurve für die Steiggeschwindigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Belastung ergab die notwendigen Anhaltpunkte, Abb. 15.

[5]) VDI-Nachrichten 18. April 1928 Nr. 16.

Abb. 15
Abflugstrecke und Steiggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Fluggewicht beim Junkers-Frachtflugzeug W 33 mit Junkers-L 5-Motor (Verdichtungsverhältnis 1 : 7). Spornwagen, mit verschiedenen Luftschrauben.

Punkt Nr.	Datum	Barometerstand mm Q.-S.	Temperatur °C	Abflug
1	3. 8. 27	765	rd. 18	Abflugbahn
2	31. 7. 27	758	26	Rasen
3	31. 7. 27	758	23	Rasen
4	14. 8. 27	752	18	Abflugbahn
5		753	18	Rasen

Die Versuchsflüge, bei denen man die Wahrnehmung machte, daß der Schwanz des Flugzeuges sehr spät hoch kam und damit ein ungünstiger Anstellwinkel beim Anlauf unnötig lange erhalten blieb, führten zur Konstruktion eines Spornwagens. Der Spornwagen wird so an das Flugzeug gehängt, daß er nach dem Abflug von selbst abfällt. Da er nur wenig drehbar ist, und somit der Kurs nur bei großem Drehungshalbmesser geändert werden kann, ist für den Fall einer Bereifungs- oder einer Fahrgestellbeschädigung auch gleichzeitig eine gewisse Sicherheit gegen das seitliche Ausbrechen des Flugzeuges geschaffen.

Parallel mit den Versuchsflügen, die einer Vervollkommnung von Zelle, Motor und Geräteausrüstung und der Schulung der Flugzeugbesatzung dienten, gingen die Versuche zur Ermittlung der günstigsten Brennstoffverbrauchswerte. Durch Einbau von nach dem Venturi-Verfahren arbeitenden Brennstoff-Verbrauchsmessern wurden die den Durchflußgeschwindigkeiten entsprechenden Verbrauchswerte bei verschiedenen Fluggewichten und Fluggeschwindigkeiten ermittelt. Die Fluggeschwindigkeit wurde durch Fliegen über Strecken bekannter Länge bestimmt. Auch bei diesen Versuchsflügen wurde die Belastung in Wassersäcken mitgeführt, wodurch bei einem Fluge Messungen mit verschiedenen Belastungen durch einfaches Ablassen von Wasserballast möglich wurden. Die Schaulinien, Abb. 16, zeigen die Auswertung dieser Versuchsergebnisse.

Zwischen Dauerflug und Streckenflug besteht der grundsätzliche Unterschied, daß beim Dauerflug mit Vorteil die Geschwindigkeit gewählt wird, bei der die geringste Leistung, d. h. geringste Umlaufzahl notwendig ist, daß aber beim Streckenflug die günstigste Geschwindigkeit die ist, bei der der Brennstoffverbrauch für den Streckenkilometer einen Mindestwert erreicht.

Aus der Rechnung ergibt sich:

1. der Brennstoffverbrauch ist für 1 tkm bei höherem Fluggewicht günstiger,

Abb. 16

Vorausberechnung des Brennstoffverbrauchs und Ergebnis der beiden Dauerrekordflüge (52 h und 65 h) des Junkers-Frachtflugzeugs W 33 mit Junkers-L 5-Motor (Verdichtungsverhältnis 1 : 7).

a 61,25 h praktischer Wert mit Holzpropeller berechnet aus dem 52 h-Flug *b* 64,75 h praktischer Wert mit Metallpropeller, wenn der Unterschied mit theoretischem Beiwert 13,55 vH ist *c* 65 h-Flug *d* 69,6 h theoretischer Bestwert mit Metallpropeller umgerechnet für 1625 m Höhe aus dem unmittelbaren Wert für 625 m Höhe *e* 70,75 h theoretischer Bestwert aus Flugversuchen ermittelt in 625 m Höhe mit Holzpropeller *f* 74,8 h theoretischer Bestwert aus Flugversuchen ermittelt mit Metallpropeller in 625 m Höhe

2. bei dem mittleren Fluggewicht des Baumusters W 33 veranschlagte man für den Ozeanflug einen Brennstoffverbrauch von 0,1 kg/tkm.

Um die Tageseinflüsse soweit wie möglich aus der Berechnung auszuschalten, wurden die Mittelwerte von mit zwei gleichen Flugzeugen an verschiedenen Tagen durchgeführten Flügen genommen.

Damit die Besatzung auch während des Fluges die jeweils günstigste Geschwindigkeit bestimmen konnte, wurde die Kurve des Brennstoffverbrauchs bei den verschiedenen Geschwindigkeiten und verschiedenen Belastungen aufgestellt, Abb. 17. Auch die Windverhältnisse mußten bei dieser Berechnung berücksichtigt werden. Bei Windstille gibt der Berührungspunkt der durch den Nullpunkt gehenden Tangente an die Brennstoffverbrauchskurve die günstigste Geschwindigkeit. Bei Wind zeigt der Berührungspunkt, dessen Tangente durch den Windgeschwindigkeitspunkt auf der Geschwindigkeitsachse geht, die jeweils günstigste Fluggeschwindigkeit an, Abb. 17. Die Kurve war für die Flugzeugbesatzung ein überaus wichtiges Hilfsmittel, um bei wirtschaftlicher Brennstoffverwendung den Motor nicht unnötig zu belasten.

Die praktische Überprüfung der rechnerisch ermittelten Zahlen zeigte keine erheblichen Abweichungen; um aber vollständig sicher zu gehen, wurde entgegen dem errechneten theoretischen Bestwert von 8080 km nur ein praktischer Wert von 7000 km festgesetzt. Obwohl man überzeugt war, daß der wahre Wert ungefähr in der Mitte zwischen diesen beiden Zahlen liegt, wurde der Besatzung angegeben, nur mit dem praktischen Wert zu rechnen, Abb. 18.

Selbst unter Zugrundelegung des praktischen Wertes wäre für die Entfernung Dessau-New York von 6300 km noch ein Streckenüberschuß von 700 km verblieben, der aber mit Rücksicht auf die atmosphärischen Verhältnisse über dem nördlichen Atlantischen Ozean zu gering erschien. Neben der Vergrößerung des Streckenüberschusses um 1200 km brachte der Abflug von Baldonnell noch den Vorteil, daß die Wettervoraussage für die Überwasser-Flugstrecke um nahezu 12 h verkürzt werden konnte.

Und damit muß noch ein weiterer Umstand in den Kreis dieser Darstellung gezogen werden, der einen wesentlichen Punkt der Flugvorbereitungen bildet: die navigatorische und meteorologische Vorbereitung des Fluges. Nach dem Studium der zur Verfügung stehenden meteorologischen Aufzeichnungen über die Wetterverhältnisse im nördlichen Atlantischen Ozean und nach eingehenden Beratungen mit der Deutschen Seewarte, Hamburg, wurde im August 1927 der Transozeanflug vorbereitet und den Besatzungen der Transozeanflugzeuge der für die damalige Wetterlage günstige Kurs bekanntgegeben. Die Erfahrungen dieses Fluges, bei dem bekanntlich die schweren Stürme und Gewitter über Irland die Besatzungen zur Umkehr veranlaßten, haben gezeigt, welch große Bedeutung es hat, wenn der Wettermeldedienst auf eine um 12 h kürzere Zeitspanne vermindert werden kann.

Abb. 17

Brennstoffverbrauch des Junkers-Motors L 5, eingebaut in das Junkers-Frachtflugzeug, Baumuster W 33, in l/h bei verschiedenen Belastungen und Geschwindigkeiten des Flugzeuges.

a Günstigster Brennstoffverbrauch, bezogen auf 1 Strecken-km bei 15 m/s Rückenwind
b Günstigster Brennstoffverbrauch, bezogen auf 1 Strecken-km bei Windstille
c Günstigster Brennstoffverbrauch, bezogen auf 1 Strecken-km bei 15 m/s Gegenwind

Abb. 18
Flugdauer, Flugstrecken-Brennstoffmenge in Abhängigkeit von der Zeit für das Transozean-Flugzeug, Baumuster W 33, Abfluggewicht 3850 kg.

Die Wetterberatung für den Ozeanflug Köhl-Hünefeld wurde meteorologisch vom Junkers-Flugzeugwerk selbst nicht vorbereitet, sondern lediglich die Ausrüstung mit den notwendigen Karten in den Maßstäben 1 : 6 250 000 bis 1 : 500 000 erfolgte von Dessau aus. Auf einer besonders angefertigten Karte hatte man die Mittagspositionen der Dampfer, soweit deren Abfahrtzeiten zu ermitteln waren, angegeben. Als Ergänzung der Kartenunterlagen erhielt die Bremen-Besatzung eine Zusammenstellung der Auf- und Untergangzeiten der Sonne und des Mondes für die in Betracht kommenden Flugtage, gerechnet für 43 °, 48 ° und 53 ° nördlicher Breite und 10 °, 20 °, 30 °, 40 °, 50 °, 60 ° und 70 ° westlicher Länge. Die Besatzung konnte hiermit aus den Auf- und Untergangzeiten der Sonne und des Mondes den ungefähren Standort ermitteln.

Die Wetterberatung für den Flug von Baldonnell, Irland, aus erfolgte durch das englische Luftfahrtministerium und lautete günstiger als die Kennzeichnung der Wetterlage am gleichen Tage durch die Deutsche Seewarte, Hamburg. Die Ausrüstung der „Bremen“ mit Geräten zur Höhenwinkelmessung und funkentelegraphischen Sende- oder Empfangsgeräten unterblieb auf Wunsch der Besatzung um das Rüstgewicht möglichst niedrig zu halten.

Die Versuche und Arbeiten der Junkerswerke wurden durchgeführt, um alle Fragen, die mit der Aufgabe des Langstreckenfluges verknüpft sind, soweit wie nur irgend möglich zu klären. Gerade die Reihe der unternommenen eingehenden Versuchsflüge und die rechnerische Behandlung dieser Frage hat Richtlinien ergeben, die für die weitere Entwicklung der Flugtechnik ungemein wichtig sind.

Von technischer und fliegerischer Seite aus ist, wie diese Darstellung zeigt, seitens der Junkerswerke alles getan worden, was für das Gelingen des Fluges notwendig erschien. Damit erklärt sich auch die unbedingte Zuversicht der Besatzung, die über den Gang aller Versuche und Maßnahmen, die in bezug auf das Gelingen ihres Fluges angestellt wurden, stets auf dem Laufenden waren.

Der Erfolg selbst ist in hohem Maße der Tatkraft und fliegerischen Erfahrung der Besatzung zuzuschreiben, wobei es sich deutlich zeigte, wie notwendig es gerade in der noch im Entwicklungszustand befindlichen Flugtechnik ist, durch genaue wissenschaftliche Verfahren und großzügigste Forschungsarbeit der Praxis den Weg zu bereiten.

[B 1992]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 13. OKTOBER 1928 Nr. 41

Kurt Sorge †

Am 9. September 1928 starb im Alter von 73 Jahren der Ehrenvorsitzende des Reichsverbandes der Deutschen Industrie, Dr.-Ing. E. h. Dr. rer. pol. h. c. Kurt Sorge, der Vorsitzende des Vereines deutscher Ingenieure in den Jahren 1910 und 1911. Mit ihm ging ein Mann dahin, dessen Denken und Handeln geleitet war von der Erkenntnis der großen Zusammenhänge, die Technik und Wirtschaft zu einer notwendigen und unlösbaren Einheit verknüpfen.

Kurt Sorge, am 28. Juli 1855 in Zwickau i. S. geboren, hatte von seinem Vater, der als Oberbaurat an den damaligen Kgl. Sächsischen Staatsbahnen selbst eine Ingenieurtätigkeit ausübte, die Neigung zum technischen Beruf mit ins Blut bekommen. Bergmann wollte er werden. Nach bestandener Reifeprüfung auf der Dreikönigschule in Dresden, tat er in der Aufbereitungsanstalt der Himmelfahrtsgrube, dann unter Tag als Häuer und Zimmerling seine ersten Schritte in die Praxis, um bald danach auf einer Mülheimer Eisenhütte seine Kenntnisse zu verwerten. Es war die Zeit, in der das Eisenhüttenwesen gerade in Mitteldeutschland steigende Bedeutung zu gewinnen begann und in der kein Geringerer als Adolf Ledebur auf den durch Theodor Scheerers Tod freigewordenen Lehrstuhl an der Bergakademie in Freiberg i. S. berufen wurde. Für Sorge war es bezeichnend, daß dieser Umstand allein genügte, ihn zum Studium an der genannten Anstalt zu veranlassen. Dank seiner außergewöhnlichen geistigen Beweglichkeit seinem großen Lehrer bald aufs engste verbunden, empfing er von ihm reiche Anregung und Förderung auf dem Wege zur wissenschaftlichen Erkenntnis, und als er nach bestandener Diplomprüfung im Herbst 1877 seine eigentliche Ingenieurlaufbahn begann, hatte er bereits eine Grundlage aufzuweisen, um die ihn mancher seiner Fachgenossen beneiden konnte.

Sorge hat von dem geistigen Rüstzeug, das ihm mitgegeben war, guten Gebrauch gemacht. Zunächst als Chemiker, später als Betriebsassistent der Ilseder Hütte bei Peine und beim Hochofenwerk der Georgs-Marien-Hütte bei Osnabrück arbeitend, kam er sehr bald in leitende Stellungen. Mit 28 Jahren bereits war er Betriebschef der Bessemerei, des Hammerwerks und des Bandagenwalzwerkes in dem Stahlwerk in Osnabrück, das ihn 1886 auf eine Reise zum Studium der Eisenhütten nach den Vereinigten Staaten entsandte. Ein Jahr darauf sah er sich in seiner Tätigkeit als beratender Ingenieur der Firma Karl Später, Koblenz, neuen lohnenden Aufgaben bei dem Aufschluß der lothringischen Minettefelder gegenüber, wodurch er zugleich die Grundlagen für die bekannten Rombacher Hüttenwerke schuf. Bei ihrer Gründung im Frühjahr 1889 wurde ihm die Leitung dieses Betriebes als Direktor übertragen, und 1893 konnte bereits der dritte Hochofen in Betrieb genommen werden.

geboren 28. Juli 1855, gestorben 9. September 1928.

Da fügte es sich noch im gleichen Jahre, daß sich seiner Dienste ein anderes Unternehmen zu versichern wußte, dem er schon während seiner Tätigkeit für die Ilseder Hütte vorübergehend nahegetreten war, und dem später der wesentliche Teil seiner Lebensarbeit gelten sollte, die Firma Fried. Krupp. Sorge war zunächst die Aufgabe zugedacht, für die Errichtung eines großen Hüttenwerkes am Rhein oder an der Mosel seine reichen technischen Erfahrungen zur Verfügung zu stellen. Doch ein anderer Plan lenkte bald das Schwergewicht seiner Tätigkeit auf das Wirtschaftliche: der Erwerb und der Ausbau des Grusonwerkes in Magdeburg durch Krupp.

Bereits am 1. Juli 1899 wurde Sorge als Mitglied in die Direktion der Firma Krupp berufen und in dieser Eigenschaft zum Vorsitzenden der Direktion der Firma Fried. Krupp, Grusonwerk, ernannt, was die Verlegung seines Wohnsitzes nach Magdeburg bedingte. Fast ein Vierteljahrhundert verblieb er in dieser Stellung. Als im Sommer 1923 das Grusonwerk in eine selbständige Aktiengesellschaft überging, wurde Kurt Sorge ihr stellvertretender Aufsichtsratsvorsitzender, unbeschadet seiner Zugehörigkeit zum Direktorium der Gesamtfirma Krupp, aus dem er erst im Jahre 1927, am Tage seines 50jährigen Berufsjubiläums, ausschied. Er trat in den Aufsichtsrat über und gehörte ihm bis zu seinem Tode an.

Eine gewiß nicht alltägliche Laufbahn! Mancher hätte sich begnügt, in ihr die Erfüllung seines Lebenswerkes zu sehen. Sorge hatte sich weitere Ziele gesteckt. Selbst an der Spitze eines Riesenbetriebes fühlte er noch freie Energien genug in sich, über den Rahmen seiner engeren Tätigkeit hinaus der gesamten deutschen Industrie seine Dienste zu leihen. 1902 übernahm er den Vorsitz im Verband der Magdeburger Metallindustriellen, um bald darauf in den Vorstand der Spitzenorganisation der Deutschen Metallindustrie, des Gesamtverbandes Deutscher Metallindustrieller einzutreten. Daß man in ihm den Mann besaß, der mit seiner starken Persönlichkeit nicht nur den Zusammenschluß der wirtschaftlichen sondern auch der geistigen Kräfte der Industrie zu fördern wußte, bewies er, als man ihm in den Jahren 1910 und 1911 den Vorsitz im Verein deutscher Ingenieure übertrug, dem 1915 der Vorsitz im Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten folgte. Nach zwei weiteren Jahren finden wir ihn in führender Stellung in der Vereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände, deren Vorsitzender er in den Jahren 1917 bis 1924 blieb, in einer Zeit, in der die deutsche Wirtschaft den gefährlichsten Erschütterungen ausgesetzt war, in der die Gegensätze zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern mit nie gekannter Heftigkeit aufeinander prallten und es den Besonnensten kaum noch möglich war, sich den außergewöhnlichen Anforderungen einer sich von Tag zu Tag verschlimmernden Lage anzupassen.

Zu Beginn des Krieges hatten sich der Zentralverband Deutscher Industrieller und der Bund der Industriellen zum Kriegsausschuß der deutschen Industrie vereinigt; hier war es wiederum Sorge, der als Mitglied dieses Ausschusses seinen gewichtigen Einfluß auf die Verhandlungen und Vorarbeiten geltend machte, die zur Gründung des Reichsverbandes der Deutschen Industrie führten. Er selbst übernahm den Vorsitz und verblieb sechs Jahre lang auf diesem Posten; es waren Jahre aufopfernder, unter den denkbar schwierigsten Verhältnissen durchgeführter Arbeit, die kaum einen Aufgabenkreis unberührt ließ. Steuer- und Währungspolitik, Verkehrs- und Handelspolitik griffen tief in das Getriebe des öffentlichen Lebens und des werktätigen Schaffens. Das Betriebsrätegesetz stellte unsere Industrien vor völlig neuartige Voraussetzungen. Was der Reichsverband in dieser Zeit zu leisten hatte und geleistet hat, war gewaltig. Als Kurt Sorge am 1. April 1925 von seinem Amt zurücktrat, um es seinem Nachfolger, Geheimrat Duisberg, zu überlassen, durfte er die wohlverdiente Freude erleben, daß sich bei seinem Ausscheiden die höchsten Vertreter des Reiches und der Länder, des Handels und der Wissenschaft in einer glanzvollen Festversammlung zusammenfanden, um durch ihre Anwesenheit bei seiner Ernennung zum Ehrenmitglied und Ehrenvorsitzenden des Reichsverbandes die hohe Wertschätzung zum Ausdruck zu bringen, auf die er so berechtigten Anspruch hatte.

Als Sorge im Weltkrieg eine neue, seinem bisherigen Aufgabenkreis durchaus fernstehende Tätigkeit im Stabe des Kriegsamtes vorfand, hat er in seiner Eigenschaft als Chef des Technischen Stabes maßgeblich dazu beigetragen, für die seinerzeit geforderten Höchstleistungen unserer Industrie die Voraussetzungen zu schaffen. In den Dienst der Allgemeinheit stellte er sich auch als Mitglied des Vorläufigen Reichswirtschaftsrates und als Reichstagsabgeordneter. In Würdigung seiner Verdienste verlieh ihm „als dem Führer der deutschen Großgewerbe in Kriegs- und Übergangswirtschaft, dem wissenschaftlichen Mitbegründer der Massenfertigung", im April 1925 die Universität Bonn den Grad eines Dr. rer. pol. h. c., nachdem bereits die Technische Hochschule Dresden im Mai 1924 mit seiner Ernennung zum Dr.-Ing. E. h. vorangegangen war.

Den Auszeichnungen, in denen die Wissenschaft ihre hohe Anerkennung für Sorges Schaffen bekundete, darf ein besonderer Sinn beigemessen werden. Erkennen wir doch in ihnen die beiden Elemente, aus denen sein Lebenswerk hervorging und in deren Durchdringung es seine Erfüllung fand: Technik und Wirtschaft. Diese Kräfte zu einer starken Einheit zusammenzuschließen, war Sorges hohes Ziel. Es ist das gleiche, das seit den ersten Anfängen seines Bestehens auch der Verein deutscher Ingenieure seiner Arbeit vorangestellt hat. Als in ihm Sorge im Jahre 1910 den Vorsitz übernahm, durfte er damit rechnen, einen Wirkungskreis zu finden, dessen Aufbau ihm eine lohnende Aufgabe bieten würde. In seine Amtszeit fiel die lange vorbereitete Genehmigung der neuen Vereinssatzung, die die Wege zu weiteren Betätigungsgebieten frei machte, unter seiner Führung vollzog sich die Umgestaltung des früheren Technischen Ausschusses in den jetzigen Wissenschaftlichen Beirat, und auf sein Wirken gehen die gerade in heutiger Zeit wieder im Vordergrund des Interesses stehenden Bestrebungen unseres Vereines zurück, dem Ingenieur auch in der öffentlichen Verwaltung Geltung zu verschaffen. Schließlich kam unter seinem Vorsitz der wichtige Beschluß zum Neubau des jetzigen Vereinshauses zustande, den Sorge als Mitglied des Bauausschusses so tatkräftig förderte, daß schon unter seinem Nachfolger, Oskar v. Miller, das Ingenieurhaus erbaut werden konnte.

Der Verein deutscher Ingenieure dankt Sorge erfolgreiche Hilfe auf dem Wege zu einer neuen, Achtung gebietenden Entwicklung, einer Entwicklung, die ihren starken Antrieb bezog aus der Erkenntnis, daß ein ersprießliches Zusammenwirken der geistigen Kräfte deutscher Technik zum Wohle der Allgemeinheit nur auf der breiten Grundlage fruchtbringender Gemeinschaftsarbeit zu erwarten sein könne; daß diese aber wiederum zur Voraussetzung haben müsse, daß der Ingenieur auch in den weitesten Kreisen der Öffentlichkeit die Achtung genießt, die er verdient. Kurt Sorge, ein Mann, dem das Arbeiten in der Gemeinschaft und für die Gemeinschaft Lebenselement und letzte Erfüllung war: so steht sein Bild in unserer Erinnerung fest, so wird es uns allezeit teuer bleiben!

Verein deutscher Ingenieure

Der Vorsitzende	Der Kurator	Die Direktoren
K. Wendt	G. Lippart	C. Matschoß W. Hellmich

Die Entwicklungstendenzen im Landmaschinenbau

Von Prof. Dr.-Ing. Vormfelde, Landmaschinen-Institut, Bonn-Poppelsdorf

Vorgetragen am 10. Juni 1928 in der Fachsitzung „Landwirtschaftstechnik" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen

Der Landmaschinenbau ist gegenüber andern Gebieten des Maschinenbaues noch neu und stellt noch schwierige, ganz besondere Aufgaben. — Der Landingenieur muß zu seinem Beruf geboren sein, muß Praktiker sein, aber vor allem auch Kinematik beherrschen. — Die Bedingungen der Landmaschinen sind mannigfaltig und wechselnd. — Zukunftsaufgaben: Wirtschaftliche und vielseitig verwendbare Kleinschlepper, Großschlepper und Großerntemaschinen, wie Mähdrescher, Kartoffel- und Rübenernter zur Deckung der Arbeitsspitzen in der Landwirtschaft. — Würdigung des Mähdreschers für europäische Verhältnisse. — Ernteschutz, Beregnung, Einlagerung, Kartoffeltrocknung.

Unzählig sind die Aufgaben, die die Landwirtschaft immer von neuem der Technik stellt, und es läßt sich hier natürlich nur andeuten, inwieweit die wichtigsten von Deutschen und ihren westlichen Nachbarn mehr oder weniger gelöst sind.

Anforderungen an den Landingenieur

Zunächst müssen wir einmal die Schöpfer dieser Maschinen näher kennenlernen, um klar zu sehen und um Ingenieure, die etwa ihre Dienste dem Landmaschinenbau widmen wollen, vor schweren Mißerfolgen und Enttäuschungen zu bewahren. Die außerordentlichen Schwierigkeiten, die bei der Schaffung von Landmaschinen infolge des Einflusses der wechselnden Witterung, der Boden- und Pflanzenzustände usw. zu überwinden sind, verlangen eine ganz andersartige Persönlichkeit, eine ganz andre Einstellung des Konstrukteurs, als z. B. heute der Bau einer neuen Dieselmaschine, eines neuen Achtzylindermotors, einer neuen Dampfmaschine, wo die betreffenden Naturgesetze durchforscht und einigermaßen vorausbestimmbar sind und Vorbilder und langjährige Erfahrungen zur Verfügung stehen. Der Ingenieur dieser Fachgebiete kennt den Weg zur Lösung der Aufgabe, er kennt die Maschine, sei es Kolbenmotor oder Turbine, ganz genau, das Werkzeug, den geeigneten Baustoff hat er oder haben andre bis ins kleinste auf alle Einzelheiten durchforscht, mechanische Gesetzmäßigkeiten sind ihm bekannt und klar, so daß er von vornherein mit großer Sicherheit an jede ihm gestellte neue technische Aufgabe herangeht. Auch die Betriebsverhältnisse, unter denen seine Maschinen stehen und arbeiten müssen, sind ihm vertraut. Dieser Ingenieur beherrscht also fast alle Unterlagen seines Baues, und mit berechtigtem Vertrauen auf sein starkes Wissen geht er daher an die Arbeit heran. Selbstbewußt steht der Erbauer dieser großen Kraftmaschinen, Brücken, Talsperren vor uns.

Anders im Landmaschinenbau: Dort steht man eigentlich noch ständig vor grundsätzlich neuen Aufgaben und Lösungen, und der richtige Landmaschineningenieur oder, wie wir ihn nach dem Vorschlag von Zander nennen wollen, der Landingenieur, stellt einen ganz andern Schlag vor als sein vornehmerer Kollege. Äußerlich meist außerordentlich bescheiden, aber mit verbissenem Willen, hat er mehr Ähnlichkeit mit den Vorgängern seiner stolzen Kollegen, den ersten Schöpfern der Dampf-, Gas- und Wasserkraftmaschinen und dergl.

Der Landingenieur muß zu seinem Beruf geboren sein.

In erster Linie muß er ein geborener Ingenieur sein mit kritischer Beobachtungsgabe, mit starkem kinematischem Vorstellungsvermögen und sicherem mechanischem Gefühl. Derartig begabte Menschen gibt es nun aber keineswegs nur im Ingenieurberuf, woraus es erklärlich wird, daß bahnbrechende Führer im Landmaschinenbau tatsächlich aus allen möglichen Berufen entsprungen sind, in denen sie vielfach in ihrer Jugend etwas ganz andres gelernt hatten. Man muß doch beachten, wie sich größte Landingenieure aus den Reihen des Handwerks heraus entwickelt haben (z. B. Dehne, Eckert, Kuxmann), aus den Reihen der Landwirte (Mc Cormick, Sack und viele andre); ein armer Farmerknecht, Appleby, trug nach jahrzehntelangen Versuchen sogar den Triumph des menschlichen Erfindungsgeistes davon in den stählernen Fingern des Knüpfers, die unendlich viel schneller und sicherer binden, als die menschlichen Finger es tun; Bahnbrecher schenkten uns ferner die Reihen der vielseitig eingestellten Fabrikanten mit Unternehmungsgeist, der Kaufleute und Rentner (Lanz, Stock, Deering), die Reihen der Offiziere (Harder), Schulmeister (Ogle) Landpfarrer (Bell, Cooke), die Reihen der entsprechend veranlagten Ingenieure (Eyth, de Laval usw.). Sie hatten alle eines gemeinsam, sie waren geborene Ingenieure, die sich durch Versuchsarbeit draußen in der Praxis allmählich ihre Schöpfungen erkämpften.

Der Landingenieur muß Praktiker sein.

Natürlich können wir bei der immer größer werdenden Bedeutung des Landmaschinenbaues heute nicht warten, bis wieder einmal der Zufall einen dieser geborenen Ingenieure aus einem falsch ergriffenen Beruf auf den Landmaschinenbau verschlägt. Wir müssen daher schon unter dem Ingenieurnachwuchs ähnlich veranlagte heraussuchen und diese entsprechend heranbilden. Aber darüber gibt es nichts zu streiten, die Prüfungen, wenn auch alle mit Auszeichnung bestanden, sie tun es alle nicht allein. Landingenieuren hilft nun einmal keine Differential- und keine Integralrechnung, nur selten Wärmelehre und dergl., wohl aber einjährige, besser noch zweijährige harte Arbeit als praktischer Landwirt auf verschiedenen Gütern und in verschiedenen Ländern, und neben der angeborenen technischen praktischen Befähigung eine gründliche Ausbildung in der Mechanik und in der Kinematik. Leider wird die Kinematik auf den meisten deutschen Hochschulen merkwürdigerweise stark vernachlässigt, obwohl sie doch nicht nur die Grundlage des Landmaschinenbaues, sondern auch vieler andrer Industrien ist, wie z. B. im Werkzeugmaschinenbau, im Spinnerei-, Druckerei- und Packmaschinenbau.

Der Landingenieur ist also ein Schlag für sich, und wagen sich nun einmal einige der vorher geschilderten selbstbewußten Kollegen ohne die Merkmale dieses Schlages an die Landmaschinen heran und haben sie noch dazu versäumt, ein oder zwei Jahre landwirtschaftliche Luft zu atmen, so dauert es, mit wenigen Ausnahmen, nicht lange und sie kehren nach vielen Enttäuschungen wieder zu ihren früheren Gebieten zurück, um nach Vorbildern und mit den heute zahlreich entwickelten Hilfsverfahren erfolgreicher weiterzuarbeiten, meistens auf durchgeackerten, nicht mehr jungfräulichen Gebieten, auf denen nur ganz selten einmal ein großer bahnbrechender Schritt nach vorwärts gelingt.

Die vielfach wechselnden Arbeitsbedingungen der Landmaschine erfordern Ausdauer und äußerste Geduld vom Landingenieur.

Die Männer, die uns die Mähmaschinen, Binder, Dreschmaschinen, Pflüge, Untergrundlockerer, Düngerstreuer, Milchschleudern, Melkmaschinen gebracht haben, haben neben angeborener technischer Begabung alle samt und sonders noch eine andre wichtige Eigenschaft gehabt: eine nie versagende Ausdauer, Zähigkeit, einen nicht kleinzukriegenden Willen, der sich in die Ideen verbeißt. Auch diese letzten Eigenschaften sind noch heute unbedingt für den erfolgreichen Landmaschinenkonstrukteur notwendig. Da hat einer beispielsweise eine Kartoffelerntemaschine erfunden, die wirklich da, wo er sie ausprobiert hat, recht gut geht. Einige Kilometer weiter ab-

seits versagt sie aber, der Boden ist nämlich ein ganz andrer, und hat er sie auch für diesen hergerichtet, dann gibt's mit einmal eine ganz andre Kartoffelsorte zu roden, die ihre Knollen weitläufig im Boden verteilt. Oder es kommt ein nasses Jahr oder andres Kraut, und schon wieder sind die Bedingungen verschieden. An einer andern Stelle hat er mit technisch völlig unerfahrenen Leuten zu tun, hier wiederum arbeiten die Gespanne mit andern Geschwindigkeiten, dort trifft er einen schwächeren Pferdeschlag und schon wieder steht er vor neuen Schwierigkeiten, und bei allem Eifer muß er Geduld und wieder Geduld haben, denn die neuen Versuche können ja erst im nächsten Jahre fortgesetzt werden. Nur wenige Wochen der Feldarbeit im Jahre stehen jeweils für Versuche zur Verfügung. Genau dieselben Schwierigkeiten bieten die Probleme der mechanischen Rübenernte, der Anpassung der Mähdrescher an europäische Verhältnisse, die Aufgabe, die Fräsen vielseitiger zu verwenden oder den Kleinschlepper oder Anbaumotor zu entwickeln, die Trocknung der Kartoffel und vieles andre mehr.

Teilweise oder noch ganz ungelöste Aufgaben

Wir können nur einige wenige der wichtigsten Aufgaben, die der Lösung noch harren, näher untersuchen:

Die Tage der ehrwürdigen alten Dampfpflüge, auch den Nichtlandwirten bekannt durch die prächtigen Schilderungen des Landingenieurs Max Eyth, scheinen in England und seinen Kolonien gezählt zu sein. Sogar die konservative Firma John Fowler zeigte schon im vorigen Jahr in England ihre großen Dieselmotorpflüge, Abb. 1, mit deutschen Dieselmotoren, und zwar MAN-Maschinen, in drei verschiedenen Größen von 70, 100 und 150 PS, nachdem der rührige holländische Landingenieur van Dyck die Mc Laren-Dampfmaschine schon durch einen Benz-Dieselmotor, Abb. 2, ausgewechselt hatte. Auch in Leipzig hatte Fowler in diesem Jahre ausgestellt. Die Vorteile des Dieselpfluges gegenüber dem Dampfpflug liegen in der Hauptsache darin, daß das lästige Wasser- und Kohlenfahren fortfällt, daß die Maschinen auch etwas leichter werden und daß trotz ihrer schnelleren Abnutzung dort, wo hohe Kohlenpreise bestehen, die Dieselmaschinen wirtschaftlicher sind.

Wirtschaftlicher und vielseitig verwendbarer Schlepper eine dringende Aufgabe

Zur wichtigsten Maschine in der Landwirtschaft wächst sich jedoch immer mehr der Schlepper aus. Nach vielen, vielen Versuchen mit schweren, leichten, mit von Seilen gezogenen oder mit festangebauten Pflügen, Bauart Stock[1]), hat sich heute der Schlepper mit etwa 28 bis 32 PS, und zwar in mittelschwerer Ausführung, herausgebildet, in der Hauptsache mit Rädern, seltener mit Raupenketten. Führend sind heute auf diesem Gebiet Amerika, Deutschland und Frankreich, während Englands Motorpflugindustrie im Kampfe gegen die Amerikaner die Waffen gestreckt hat.

Nachdem für die mittleren und größeren Güter die geeignete Form des Schleppers gefunden ist, ist jetzt die wichtige Aufgabe zu lösen, seine Wirtschaftlichkeit im Betrieb zu sichern, d. h. ihn und die von ihm getriebenen oder gezogenen Geräte so auszubilden, daß der Schlepper an möglichst vielen Tagen im Jahre zu arbeiten hat, damit der Verzinsungs- und Tilgungsanteil je Arbeitstag möglichst klein wird. Das kann einmal dadurch geschehen, daß man die Arbeitsgeräte und Maschinen, wie Pflüge, Binder usw., so groß, d. h. so breit baut, daß die Arbeitskraft des Schleppers genügend ausgenutzt wird; vielleicht ist es aber richtiger, hierin nicht bis an die Grenze zu gehen, und statt dessen die Arbeitsgeschwindigkeit, allerdings nur vorsichtig, nach eingehenden Versuchen noch etwas weiter zu erhöhen, als wir das ja beim neueren Schlepper gegenüber Gespannbetrieb schon jetzt getan haben. Das alte Tempo ist ja schließlich doch nur durch den gegebenen Schritt der Pferde und Ochsen in die Landwirtschaft hineingekom-

[1]) s. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 39 S. 1376.

RZ 1802 Z 1

Abb. 1
Seilpflug von Fowler mit Dieselmotor.

RZ 1802 Z 2

Abb. 2
Benz-Dieselmotor, auch in Seilpflüge des Auslandes eingebaut.

RZ 1802 Z 3

RZ 1802 Z 4

Abb. 3 und 4
Kippanhänger für Schlepper („Tipping Trailer" der Sheffield Steel Products Ltd.).

Abb. 5 bis 9
Verschiedene Lösungen der Umwandlung eines Straßenschleppers in einen Ackerschlepper.

men. Der Schlepper wird sich aber auch noch dadurch wirtschaftlicher erweisen können, daß man ihn immer mehr zu anderen Zwecken herrichtet, damit ohne Gefahr ein größerer Teil Pferde abgeschafft werden kann und größere Haferflächen für menschliche Nahrungszwecke frei werden. Als Erweiterung kommt in der Hauptsache die

Lastenförderung auf der Straße

in Betracht. Für den schweren Schlepperbetrieb ist die Ausbildung von geeigneten Rädern für die üblichen Ackerwagen, der Naben mit Rollenlagern usw. sowie die Anpassung besonderer Anhängewagen an den Schlepper von Bedeutung; in England sind schon eine Reihe von guten Konstruktionen, die sogenannten „Tipping Trailers", Abb. 3 und 4, auf dem Markte. Die deutsche Industrie hat dieser wichtigen Frage noch nicht dieselbe Aufmerksamkeit geschenkt.

Dann ist aber auch dafür zu sorgen, daß durch einen wenig Zeit erfordernden Umbau der Ackerschlepper zum Straßenschlepper hergerichtet werden kann. Dazu gibt es zwar auch schon eine Fülle von Erfindungen und Konstruktionen im Inland wie im Ausland, doch sind noch manche Schwächen zu überwinden, Abb. 5 bis 9.

Schlepper mit Zapfwelle

Der Schlepper soll also nicht 70 Tage in der Wirtschaft arbeiten, sondern vielleicht 150. Er muß Riemenantrieb haben, damit er auch die Arbeit des Dreschens übernehmen kann, falls der elektrische Betrieb zu

Abb. 10
Einradschlepper, eine der vielen versuchten Lösungen der schwierigen Frage „Kleinschlepper".

teuer wird. Er muß heutzutage auch eine Zapfwelle haben zum Antrieb von Anhängearbeitsmaschinen, wie von Bindern mit großer Schnittbreite, bei denen die eigenen Fahrräder zum Antrieb nicht mehr genügend Haftkraft finden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß uns die Zapfwelle endlich die selbstsammelnde Kartoffelerntemaschine bringen wird und daß sie ferner zum Antrieb eines Frässchwanzes benutzt wird, den man nur dann anbauen würde, wenn das Fräsen des Bodens in bestimmten Fällen vorteilhafter als das Pflügen wäre. Groß kann auch der Nutzen elektrischer Beleuchtung am Schlepper sein, wenn sie nur dem Landwirt die

Abb. 11 und 12
Kleinfräse von Siemens-Schuckert.

Abb. 13
Weinberg-Zugwinde.

Möglichkeit gibt, Verspätungen in der Bestellung oder Ernte durch Einlegen von Nachtschichten einzuholen.

Die Ausbildung des Motors selber sei übergangen. Ob der Benzin-, Benzol-, Diesel- oder Glühkopfmotor, oder ob in Frankreich der Sauggasantrieb siegen wird, das ist eine Brennstoff-Preisfrage, die nicht in der Hand des Konstrukteurs liegt. Nur ebenso betriebsicher und zuverlässig wie die heutigen besten Kraftwagen muß auch der Schlepper einmal werden und ebenso einfach zu bedienen. Bei einigen unserer heutigen Schlepper ist dies schon der Fall, sie haben die Kinderkrankheiten hinter sich.

Aber immer noch fehlt der wirkliche Kleinschlepper, entweder wie ein Paar Pferde zum unmittelbaren Zug vor das Arbeitsgerät gespannt oder als Anbaumotor an den Arbeitsmaschinen selber, wie den Bindern, Drill-, Hack- und Erntemaschinen, befestigt, Abb. 10. An diesem Problem wird besonders in Amerika und Frankreich fieberhaft gearbeitet, aber nicht etwa erst seit heute, sondern schon seit mehr als 20 Jahren, woraus man die Schwierigkeit dieser Aufgabe ermessen kann. Gelingt die Lösung, so werden jährlich Hunderttausende solcher Kleinschlepper allein in Deutschland Absatz finden.

Die Fräse als Kleinschlepper

Erfolgreich, wenn auch auf einem andern Wege, arbeitet in Deutschland auf diesem Gebiete die Siemens-Kleinfräse von Siemens-Schuckert, Abb. 11 und 12, in Frankreich die „Souma", beide nach der Anordnung von Meyenburg. Besonders in Gartenbetrieben, wo noch viel Spatenarbeit zu bewältigen ist, wird sich diese Maschine immer mehr durchsetzen. Wenn es gelänge, den Kleinfräser so weit zu entwickeln, daß er auch zum Ziehen von Hack-, Drill- und Erntemaschinen benutzt werden

Abb. 14
Weinbergsgerät, von der Zugwinde gezogen.

Abb. 13 und 14.
Weinberg-Zugwinden.

könnte, dann würde sich die wirtschaftliche Lage de kleinen und mittleren Landwirte wesentlich verbesser können, ein riesiger Absatz wäre die Folge.

Nach den jetzigen Erfahrungen möchte man eigentlic sagen, daß diese Aufgabe, den Kleinschlepper zum Pferde ersatz zu machen, was ja das eigentliche Ziel ist, auf de Grundlage des Kleinfräsers, der die tiefe Arbeit mit der Kleingerät tatsächlich bewältigt, eher zu lösen wäre al mit dem Pflugvorspann, der bisher immer noch an eine tieferen Bodenbearbeitung gescheitert ist.

Warum nun die fünfpferdigen Fräsen eine tiefer Bodenbearbeitung ermöglichen als z. B. 10 bis 15 P starke, vor einen Pflug gespannte Kleinschlepper, da liegt in der Arbeitsweise. Der Kleinschlepper brauch zum Ziehen Haftung und deshalb großes Gewicht. Durc Greifer an Rädern oder Ketten läßt sich zwar das Ge wicht stark heruntersetzen, aber das genügt alles nich Bei der Fräse dagegen helfen die sich in dem Bode drehenden, kratzenden und wühlenden Federtatzen mi die Maschine vorwärtszubewegen.

Die Kleinschlepperfrage wird auch im französische Weinbau eine große Rolle spielen. Im deutsche Weinbau mit seinen steilen Bergen entwickelt sic dagegen seit fünf Jahren der Kraftbetrieb mittels Seilzuge mit der Motorwinde, Abb. 13 und 14. Nur das Spritze mit Seilzug ist noch nicht gelöst; aber das Reichskura

Abb. 15
Die teuren Arbeitsspitzen im Gespannbedarf während der Erntemonate.

torium für Technik in der Landwirtschaft hat dem Land maschineninstitut Bonn-Poppelsdorf für diese außer ordentlich dringende Aufgabe Mittel bereitgestellt, un ich glaube nicht zuviel zu versprechen, wenn ich heut schon sage, daß wir dies Problem in kurzer Zeit gelös haben werden.

Jedenfalls nirgends Stillstand in der Schlepperfrage

Solange aber noch nicht alle Landmaschinen und Geräte auf die Schlepper, große wie kleine, eingestellt sind, wird der Betrieb mit Schleppern gegenüber altem einheitlichen Gespannbetrieb verhältnismäßig teuer, schwierig und uneinheitlich sein.

Maschinen für die großen Arbeitsspitzen in der Landwirtschaft

Die großen Schlepper

Die größeren Schlepper haben schon dadurch immerhin ihre wirtschaftliche Daseinsberechtigung, daß sie zuverlässig die Arbeitsspitzen während der Ernte nehmen Abb. 15. Und zwar ist damit schon recht viel erreicht denn wenn man durch einen Schlepper zwei Pferde, di sonst vielleicht nur wegen der Arbeitsanhäufung während ein oder zwei Monaten in der Ernte erforderlich sind, ersetzen kann, so darf man diese Pferde natürlich nicht mi dem üblichen Satz von etwa 12 $\mathcal{RM}$ je Tag in die Buchführung einsetzen, sondern vielleicht mit 60 $\mathcal{RM}$, wenn ic mit den übrigen Pferden die andre Arbeit im Jahr bewältigen kann. Allgemein kommt es zunächst beim Land-

Abb. 16 und 17
Amerikanische Mähdrescher.

maschinenbau darauf an, die Arbeitsspitzen während der Ernte zu nehmen, d. h. die nur für die Spitzen nötigen menschlichen und tierischen Arbeitskräfte durch Maschinen zu ersetzen.

Wenn ich wegen der Getreide-, Kartoffel- oder Rübenernte oder im Weinbau wegen der Spritzarbeit die Leute doch das ganze Jahr halten muß, dann spielt an und für sich die Leuteersparnis, z. B. bei der Kartoffelbestellung oder dergl. durch besondere Maschinen, natürlich keine große Rolle, da dann meist genug Leute verfügbar sind, die doch bezahlt werden müssen.

Wir wollen daher die Konstruktion von Drillmaschinen, Kartoffellegemaschinen, Hackmaschinen, Düngerstreuern und anderer solcher Maschinen von mehr untergeordneter Bedeutung übergehen und auf die wichtigsten Probleme in der Landwirtschaft zur Zeit des größten Arbeitsbedarfs hinweisen.

Da taucht seit einem Jahr auch in Europa die Frage auf, ob

die amerikanischen Mähdrescher,

Abb. 16 bis 18, für unsere Verhältnisse eingerichtet werden können. In Amerika und in andern extensiv arbeitenden überseeischen Gebieten fing man vor 20 Jahren ernstlich damit an, die Vielfacharbeiten, die im Mähen, Binden und Aufstellen der Garben, im Fortfahren vom Felde und Einbansen, später im Heranschaffen zur Dreschmaschine, im Dreschen selbst, im Wegschaffen von Korn und Stroh usw. bestehen, in einen Arbeitsgang zusammenzuziehen.

Anforderungen an den Mähdrescher für europäische Verhältnisse

Für extensive Betriebe, z. B. in Kanada, Argentinien, Nordafrika, besonders für solche, wo das Stroh wenig Wert besitzt, ist dies schon gelungen, aber für die intensiven Betriebe Europas hängt die Wirtschaftlichkeit des Getreidebaues mit ab vom günstigen Verkauf des Strohes oder von dessen guter Verwertung im eigenen Betrieb. Die Strohgewinnung spielt deshalb eine größere Rolle. und man wird wohl den Mähdrescher diesen Verhältnissen anpassen müssen.

Abb. 18
Case-Mähdrescher, mit Schlepper gezogen.

Vor allem darf die Güte des Kornes nicht durch dieses Verfahren leiden und es muß auch Hafer mit dieser Maschine geerntet werden können.

Der französische Mähdrescher

Der erste, der sich in Europa an die Lösung dieser Aufgabe herangewagt hat, ist der Franzose Douilhet in Caudéran-Bordeaux, Abb. 19[1]). Er hat statt der schmalen Stiftentrommel eine breite Schlagleistentrommel gewählt und beabsichtigt, nicht sofort marktfähiges Getreide auszudreschen, sondern Korn, Spreu und Kurzstroh zusammen einige Zeit zur Erhöhung der Güte lagern zu lassen und die Reinigung später auf dem Hofe vorzunehmen. Die Maschine wird dadurch leichter an Gewicht, leichter im Zuge und vor allen Dingen billiger. Das letztere ist besonders wichtig, da sie sich ja in ein paar Tagen während der Ernte in jedem Jahr bezahlt machen muß. Leider haben alle landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen, mit Ausnahme einiger weniger in der Tierzucht und Stallhaltung gebräuchlichen Maschinen, den großen Nachteil, daß sie nur während ein paar Wochen im Jahre arbeiten. Die festen Kosten für Verzinsung und Abschreibung belasten die wenigen Arbeitstage oft derart, daß eine Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt ist.

Abb. 19
Versuch von Douilhet, den Mähdrescher europäischen Verhältnissen anzupassen. Die abgemähten Halme fallen auf das Fördertuch *a*, werden von einem Zubringer *b* der Trommel *c* zugeführt, das Stroh wird von der Strohwalze *d* gepackt und vom Schüttler *e* ausgeschüttelt und gebunden, die Körner fallen durch das Sieb *f* und den Korb *h* in die Rinne *g*.

Eingehende Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Prüfung unsrer derzeitigen Ernteverfahren vor allgemeiner Einführung des Mähdreschers

Bei den Mähdreschern müssen daher unsre Betriebslehrer einmal genau durchprüfen, ehe unendlich viel Zeit, Arbeit und Geld an die Durchbildung

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 28 S. 993.

der europäischen Mähdrescher verwendet wird, wie weit durch die veränderte Wirtschaftsweise die Wirtschaftlichkeit, der Arbeiterbedarf und sonstiges in der deutschen Landwirtschaft verbessert wird. Fragt es sich doch durchaus, ob wir im Mähdrescher den einzigen und für uns richtigen Weg zu erblicken haben. Eine bloße Änderung des Dreschbetriebes kann vielleicht schon die nötige Erleichterung bringen; gedacht ist an den Drusch vom Felde weg, auf dem Hofe, wohin die Ernte von der Hocke weg hingefahren und möglichst ohne viel Bedienungsleute ausgedroschen würde. Auch ist die Frage, ob wir heute überhaupt noch mit der Schlagleistentrommel auf dem richtigen Wege sind, zu prüfen; denn die Militärverwaltung, die früher als Großabnehmer für Glattstroh die Entwicklung beherrschte, scheidet doch heute aus.

Abb. 20
Klinger-Bläser beim Garbenblasen.

Die Kartoffelernter

Sollte sich nun wirklich für den Mähdrescher keine Wirtschaftlichkeit ergeben, so ist das Verfahren der Gras- und Getreideernte doch auch in alter Weise schon mit einschneidendem Erfolg gelöst. Ein Mann auf dem Grasmäher von normaler Schnittbreite ersetzt rd. sieben Mäher mit der Sense und auf dem Binder ersetzt er beinahe die doppelte Anzahl Leute. Diese Mähmaschinen arbeiten völlig einwandfrei; um so auffallender ist es daher auf den ersten Blick, daß wir für die Kartoffelernte noch nicht die Maschinen haben, die wir brauchen, Maschinen, die auch beim Roden und Sammeln eine größere Anzahl Leute wirklich ersetzen können. Die bei den heutigen Kartoffelrodern noch notwendige Leutezahl ist nur ganz unwesentlich gegen reine Handarbeit herabgesetzt. Unser Ziel muß sein, im Kleinbetrieb auf Vorrat zu arbeiten, damit nicht unmittelbar neben der Maschine aufgelesen zu werden braucht. In diesem Falle könnte der Landwirt zwei Stunden morgens mit der Maschine roden und im Laufe des ganzen Tages mit wenigen Leuten die Kartoffeln sammeln. Für größere Betriebe müßte die Maschine selbst die Kartoffeln reinigen, sammeln, auslesen und sortieren; hoffentlich wird, wie schon angedeutet, der Schlepper mit Zapfwelle die Lösung dieser Aufgabe erleichtern; großen Teilen der Landwirtschaft wäre dadurch außerordentlich geholfen. Die Lösung der Aufgabe ist allerdings nicht allein durch den Bau einer technisch einwandfreien Maschine als gelungen zu betrachten, sondern die Maschine muß auch wirtschaftlich sein; darin liegt die große Schwierigkeit, nicht allein beim Kartoffelroder, sondern bei den meisten Landmaschinen, wie auch beim Mähdrescher.

Der Rübenernter

Eben so wichtig wie die mechanische Kartoffelernte ist die Schaffung eines brauchbaren Rübenhebers und mechanischer Rüben-Abfuhreinrichtungen. Erst dann kann die hohe Zahl der Leute in Rübenwirtschaften wesentlich verringert werden; die eigentlich nur für die Arbeitsspitzen notwendigen Leute und Gespanne verteuern den Betrieb ungeheuer, da sie das ganze Jahr hindurch gehalten werden müssen.

Erst dann, wenn die großen Arbeitsspitzen in der Anforderung an Leute und Gespanne in der Landwirtschaft durch geeignete Maschinen oder Arbeitsverfahren bewältigt werden, kann die Landwirtschaft mit einem kleineren Leutestamm auskommen, der das ganze Jahr über ziemlich gleichmäßig beschäftigt ist. Kleinere Spitzen, die z. B. bei der Bestellung, beim Kartoffellegen, bei der Heuernte entstehen, sind, wenn es sein muß, schon heute durch die Schlepper, Legemaschinen, Fördereinrichtungen, Gebläse, Strohpressen usw. zu beseitigen, und doch wäre es für den Landingenieur ein leichtes, auch auf diesen Gebieten noch weitere Verbesserungen zu schaffen. Diese Zweige bieten aber keine so grundsätzlichen Schwierigkeiten, sie seien daher nicht weiter behandelt. Abb. 20 zeige nur die immer mehr aufkommenden Heu- und Garbenbläser, die sehr viel Leute sparen, allerdings erhebliche Kraft erfordern.

Die Herabsetzung der Leutezahl bei der Rübenernte ist aber die schwierigste und wichtigste Aufgabe,

wichtiger noch als der Mähdrescher; handelt es sich doch außerdem um eine der schwersten Arbeiten in nasser, kalter Zeit. Deutschland und Frankreich haben an der Lösung dieser Aufgabe schon viel mitgewirkt und gut durchdachte Maschinen gebaut, die die Rüben selbsttätig köpfen, die Blätter zur Seite legen, die Rüben ausheben, reinigen und zusammenlegen; aber Bedingung sind immer noch gute Bodenverhältnisse und gutes Wetter, gerade das, was man in der Zeit der Rübenernte nur höchst selten hat. Heute ist es daher im allgemeinen noch wirtschaftlicher und betriebsicherer, die Rüben mit besonderen Köpfschippen, wie sie in Pommritz und im Rheinland von Fleuster ausgebildet sind, mit der Hand zu köpfen, während die Rüben in drei bis vier Reihen von einem durch einen Schlepper gezogenen Heber gerodet werden. Wird wenigstens dieses Verfahren für jeden Boden, für jedes Wetter, auch für sehr trockenen Herbst, wenn der Boden beinahe steinhart geworden ist, als brauchbar entwickelt, so wäre auf dem Wege zur Erleichterung und Beschleunigung der Rübenernte ein bedeutender Fortschritt erzielt. Es bliebe dann noch übrig, auch die Abfuhr der Rüben und Blätter, die eine große Menge Pferde und Leute erfordert, wirtschaftlich durch Schlepper oder Feldbahn zu lösen.

Abb. 21
Weitstrahlregner, der mit einer Düse bis zu 1 ha Fläche beregnet.

Wir sehen also: Das wichtigste in der Mechanisierung der Landwirtschaft ist, Maschinen und Vorrichtungen zu entwickeln, die den Arbeiter- und Gespannbedarf in der Hauptarbeitszeit verringern.

Weitere Arbeit der Technik in der Landwirtschaft verlangt natürlich die Verbesserung der Bauart und der Baustoffe der Maschi-

nen und Geräte für die Bodenbearbeitung, der Drill- und Hackmaschinen, der Maschinen für die Verteilung des Kunstdüngers, alles zu dem Endzweck, die Erträge zu erhöhen und die Selbstkosten zu erniedrigen.

Verschiedene wichtige Aufgaben des Landingenieurs

Eine dringende weitere Aufgabe, bei der der Landingenieur mithelfen muß, besteht in der Sicherung der Erträge, so durch Anlage guter Gräben und Entwässerung für nasse Jahre; für einige wenige Bodenarten sind die in England und Holland aufgekommenen Maulwurfsdränagen zu fördern. In trockenen Jahren sind die Erträge durch Beregnungsanlagen zu sichern. Auch hier befinden wir uns noch in den Anfängen der Entwicklung, doch sind schon für kleinere Betriebe und Gärtnereien mit wertvollen Gemüsekulturen recht brauchbare Geräte vorhanden. Nur für Großbetrieb ist im allgemeinen für seine einfacheren Kulturen die Beregnung nicht wirtschaftlich. Die Anlage des Rohrnetzes verschlingt zuviel Geld. Einen Schritt vorwärts sind wir aber schon durch die Weitstrahlregner gekommen, Abb. 21, die nicht soviel Rohrleitung erfordern. Eine Verbilligung wäre möglich, wenn die Landwirte sich selbst in arbeitsstiller Zeit aus eigenen Baustoffen billige und haltbare Röhren herstellen könnten.

Ein außerordentlich großes Gebiet stellt die Aufgabe dar, das Verderben der landwirtschaftlichen Erzeugnisse auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Wieviel wertvolle Bestandteile von Erzeugnissen verkommen schon auf dem Felde, sei es infolge Auswachsens auf dem Halm, sei es infolge Überwucherung von Unkraut oder Vernichtung durch Pilzschädlinge aller Art wegen Mangels an Saatgutreinigungs-, Beiz- und Hackmaschinen. Besonders der Pflanzenschutzingenieur hat hier noch ein großes Feld vor sich. Aber nicht nur die Sicherung auf dem Felde erfordert technische Vorrichtungen, wie Hackmaschinen, Beiz- und Spritzapparate, sondern auch die Lagerung und Erhaltung der Erzeugnisse nach der Ernte (Getreide, Kartoffeln, Grünfutter), der Schutz vor Verderben der landwirtschaftlichen Erzeugnisse einschließlich Milch und Butter durch künstliche Trocknung, durch Einlagern in Silos, durch Kühlanlagen oder dergl.; alles das sind Aufgaben von volkswirtschaftlicher Bedeutung.

Wie nutzbringend würde sich das für unsere Volkswirtschaft auswirken, wenn wir z. B. den Kartoffelüberfluß guter Jahre wirtschaftlich in eine Dauerware als Vorrat für schlechte Jahre verwandeln könnten oder wenn wir durch geeignete Einrichtungen in Zeiten des Milchüberschusses Milchdauerprodukte wirtschaftlich erzeugen könnten. Für Kartoffeltrocknung gibt es schon eine Reihe von Trockenanlagen, aber diese arbeiten zu teuer; vom Reichsernährungsministerium sind jetzt Mittel zur Verfügung gestellt, die die Industrie und Landwirtschaft anregen sollen, auf diesem Gebiet energisch zu arbeiten.

So wäre noch eine ganze Reihe weiterer Aufgaben für unsere Landingenieure zu nennen; man kann wohl sagen, es wimmelt förmlich von Plänen und Aufgaben, aber man beherzige die besonderen Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, d. h. man hüte sich, in Unkenntnis landwirtschaftlicher Anforderungen Unsummen leichtsinnig zu Versuchen zu vergeuden, kurz, es wage sich nur der Ingenieur heran, der die Landwirtschaft vorher kennengelernt hat und die oben angedeuteten Eigenschaften eines Landingenieurs besitzt. Nur diese werden der schwer um ihr Dasein ringenden deutschen Landwirtschaft helfen und erfolgreich an der wichtigsten Aufgabe mitarbeiten können, die es für uns gibt: Vermehrung der Ernten und landwirtschaftlichen Erzeugnisse, um die deutsche Handels- und Zahlungsbilanz zu verbessern, und Stärkung des größten deutschen Erwerbzweiges, der Landwirtschaft, was der Kaufkraft des inneren Marktes zugutekommt. [B 1802]

Über explosionssichere Schmiermittel

Einer Anregung des Fachausschusses für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure folgend, hat man in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt zahlreiche Versuchsreihen durchgeführt, um die Verwendbarkeit von Schmiermitteln für Sauerstoffarmaturen und -geräte zu ermitteln. Über das Ergebnis der Versuche, die Dr. Rimarski gemeinsam mit Dr. Noack durchgeführt hat, ist in der Hauptversammlung des Deutschen Azetylenvereins, Eisenach, 15. September 1928, von Rimarski, der bei der Essener Tagung des Fachausschusses verhindert war, den angemeldeten Vortrag zu halten, berichtet worden.

Im vorhandenen Fachschrifttum findet man nur wenige wirklich beweiskräftige Versuche vor. Rimarski besprach die Richtlinien, nach denen man in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt arbeitet und nach denen man zu einem brauchbaren Prüfungsschema zu gelangen hofft.

Untersucht wurden:

1. die Oxydationsvorgänge bei verschiedenen im Verkehr befindlichen und bekannten Schmiermitteln, z. B. Mineralölen, pflanzlichen Ölen, tierischen Fetten, Glyzerin, konsistenten Fetten, als nicht entzündlich bezeichneten Schmiermitteln bei milchsauren Salzen, besonders hergestellten Schmiermitteln usw.;
2. das Verhalten der unter 1. angegebenen Stoffe beim Auftreffen des unter hohem Druck stehenden Sauerstoffs.

Die Oxydationsvorgänge wurden mit dem Mackeyschen Entzündlichkeitsprüfer durchgeführt. Die Steigerungen der Temperatur im Versuchstoff über die Temperatur des dabei verwendeten Wasserbades hinaus geben einen Maßstab für die Entzündbarkeit und demnach auch für die Eignung des zu untersuchenden Stoffes. Die Oxydation wird bei diesen Versuchen durch Einwirkung von Luft oder Sauerstoff künstlich hervorgerufen.

Für die Prüfung des Verhaltens der verschiedenen Schmiermittel beim Auftreffen von unter hohem Druck stehendem Sauerstoff (2.) wurden eine Anzahl besonders konstruierter Geräte gebaut, bei denen Explosionen unter Anwendung verschiedener Schmiermittel in einem Explosionsgefäß durch hochgespannten Sauerstoff eingeleitet werden konnten.

Bei der Prüfung zu 1. wurde gefunden, daß durch das Verfahren nach Mackey nur die sehr leicht oxydierbaren und leicht entzündlichen Schmiermittel erfaßt werden konnten, z. B. Leinöl, Leinölfirnis, Rizinusöl, Schweineschmalz usw. Bei Rüböl, Rindertalg, Wollfett und bei andern, tierische Fette enthaltenden Schmiermitteln konnten durch Erhitzen im Sauerstoffstrom keine Oxydationswirkungen erkannt werden. Das Verfahren gab immerhin gewisse Anhaltpunkte. Bei den Zündungsversuchen zu 2. konnten weitere Schmiermittel (aus Rindertalg, Schweineschmalz, Rüböl u. a.) als unzuverlässig erkannt werden. Mit den gleichen Geräten unter gleichen Bedingungen geprüft, verhielten sich z. B. Mineralöle, Glyzerin, besonders zusammengestellte Fette mit bestimmten Salzzusätzen günstig.

Trotzdem ist noch keine Gewähr dafür vorhanden, daß diese Stoffe in der Praxis auch wirklich brauchbar sind, weil die Verhältnisse der Praxis durch die Versuchsgeräte vielleicht noch nicht vollkommen erfaßt werden konnten. Die Schaffung geeigneter Geräte stößt insofern auf Schwierigkeiten, als bei Anwendung unsicherer Schmiermittel durch die Explosion wertvolle Geräteteile oder auch ganze Geräte zerstört werden. Es ist aber anzunehmen, daß auch diese Schwierigkeiten recht bald überwunden werden, so daß man in absehbarer Zeit mit der Aufstellung geeigneter Prüfverfahren rechnen können wird. [N 2060]

Ergebnis des russischen Preisausschreibens betreffend Wärmelokomotiven vom 14. April 1926

Im Anzeigenteil S. 91 gibt das Preisgericht seine Beschlüsse zu dem auch in Z. Bd. 70 (1926) S. 865 veröffentlichten Preisausschreiben bekannt. Daraus geht hervor, daß keiner von den zum Wettbewerb zugelassenen 51 Entwürfen in vollem Umfang den gestellten technischen Bedingungen entsprochen hat. Infolgedessen kann kein Entwurf prämiiert werden. Immerhin ergeben einige der Entwürfe die Grundlage für die Schaffung einer geeigneten Wärmelokomotive.

Hierunter fallen acht Bewerber aus Deutschland, die aufgefordert werden, ihr Einverständnis zur Veröffentlichung des wesentlichsten Inhalts ihres Entwurfs zu erteilen. Da bis zur festgesetzten Frist ausgeführte Lokomotiven nicht eingeliefert worden sind, wird der Wettbewerb als nicht stattgefunden erklärt. [N 2071]

Die Motorschiffe „San Francisco“ und „Los Angeles“

Von Direktor E. Goos und Obering. E. Gräber, Hamburg

Hauptabmessungen — Raumeinteilung — Maschinenanlage — Schwingungsmessungen — Kühlwasserumlauf und Reinigung — Brennstoffreinigung — Schmierölreinigung — Spülluftanlage — Hilfsmaschinen — Betriebsergebnisse

Einschrauben-Motorschiff „San Francisco“ von 6750 B.-R.-T.

Nach dem Zusammenschluß der Hamburg-Amerika Linie mit den Deutsch-Austral-, Kosmos- und Hugo-Stinnes-Linien besaß die Hamburg-Amerika Linie eine Motorschiffsflotte von 90 660 B.-R.-T. Hierzu wurden 1927 noch 19 neue Motorschiffe von insgesamt 151 280 B.-R.-T. bei verschiedenen Werften bestellt. Die Deutsche Werft erhielt einen Auftrag für sieben dieser Neubauten, und zwar

„Rheinland“ . . .	6620 B.-R.-T.
„San Francisco“ . .	6750 „
„Los Angeles“ . . .	6750 „
„Seattle“	7300 „
„Leverkusen“ . . .	7300 „
„Duisburg“ . . .	7300 „
„Kulmerland“ . . .	7300 „

Die Motorschiffe „San Francisco“ und „Los Angeles“ haben sich bereits auf den ersten Reisen als wertvolle Schiffe ihrer Art gezeigt, so daß die Deutsche Werft auch den achten Neubau als Schwesterschiff hierzu erhielt. Sie besorgen den Westküstendienst von Nordamerika, wofür sie wegen der Einrichtung für 48 Fahrgäste, des Laderaumes von 14 160 m³ und des Ladekühlraums von 1800 m³ Inhalt besonders geeignet sind. Die Geschwindigkeit von 13 bis 14 Kn gestattet, sie für den zur Zeit schnellsten Dienst zwischen Hamburg-Antwerpen und der Westküste zu verwenden. So erreichte z. B. das Motorschiff „San Francisco“, von Hamburg am 25. Juni 1928 um 17 h ausgehend, unter Auslassung Antwerpens, den Panamakanal am 11. Juli d. J. um 6 h in einer Überfahrtzeit von 15½ Tagen, nahm dort frische Bananen über und erreichte Los Angeles am 13. Juli d. J. um 10 h morgens.

Die Hauptangaben über das Schiff lauten:

Länge	131,06 m
Breite	17,98 m
Höhe	11,51 m
Motorleistung	4200 PS_e.

Der Tiefgang beträgt bei 8620 t Zuladung 7,77 m. Im übrigen geht die Einrichtung des Schiffes aus den Plänen Abb. 1 bis 6 hervor.

Das Schiff ist mit langer Brücke und kurzer Poop gebaut, hat einen geraden, etwas ausfallenden Vorsteven, Kreuzerheck und auf dem Aufbaudeck eine Back. Das Hauptdeck, als Freiborddeck, läuft von vorn bis hinten, das unterste Deck von vorn bis zur Vorkante des hintersten Laderaums durch. Acht wasser- oder öldichte Querschotte trennen Vorpiek, fünf Laderäume, Treibölbunker, Maschinenraum und Hinterpiek. Der Doppelboden reicht vom Kollisionsschott bis Hinterkante des Laderaums 4. Er ist im Laderaum 5 zu zwei Tieftanks für Treiböl und Wasserballast erweitert. Laderaum 3 ist als Ladekühlraum eingerichtet.

Das Aufbaudeck enthält die Wohnräume für die Fahrgäste 3. Klasse und Ingenieure, die Messen, Betriebs- und Wirtschaftsräume. Die Räume für Fahrgäste 1. Klasse, Kammern und Gesellschaftsräume liegen auf dem Wandeldeck, die Kammern für die Offiziere und den 1. Ingenieur auf dem Bootsdeck. Die Kommandobrücke enthält ein Deckshaus mit den Kammern und Nebenräumen für den Kapitän und den Lotsen. Das Maschinenpersonal, die Bedienung, die Köche, der Boots- und der Zimmermann sind in der Poop, die Matrosen im Vorschiff untergebracht.

Maschinenanlage

Das Einschraubenschiff hat einen fünfzylindrigen doppeltwirkenden Zweitakt-Dieselmotor, Bauart Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg[1]), der bei 90 U/min 4200 PS_e leistet. Der Motor ist von der MAN vollständig neu durchgebildet worden; sein Aufbau geht aus Abb. 7 hervor. Diese Bauart hat neben einer wesentlichen Gewichtersparnis von rd. 75 t vor allem den Vorteil, besonders gut zugänglich zu sein; so liegt z. B. die Kolbenstangen-Stopfbüchse vollständig frei. Die untere Laufbüchse kann nach unten herausgezogen werden ohne Ausbau der den Kurbelraum abdeckenden Zwischenwand. Alle vom erstgenannten Verfasser gelegentlich der Öltagung in Hamburg vorgeschlagenen Richtlinien[2]) für den Bau von Schiffsdieselmotoren sind bei diesem Motor erfüllt worden.

Das Anfahren geschieht nur von unten. Daher haben nur die unteren Zylinderseiten entsprechende Einrichtungen, Abb. 8. Die Maschine springt in jeder Stellung sowohl vor- als auch rückwärts leicht an; auch

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1409.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 435.

[RZ 1692 Z 1–6]

Abb. 1 bis 6
M.-S. „San Francisco“ und M.-S. „Los Angeles“.

a Steuerraum
b Kartenzimmer
c Lotse
d Kapitän-Wohn-, Schlafraum u. Bad
e 1. bis 4. Offizier und 2 Funkoffiziere
f Funkraum
g Leitender Ingenieur
h Rauchzimmer
i Speisezimmer
k Damenzimmer
l Fahrgastkammern
m Raum für Hilfskessel
n Unterzahlmeister
o Arzt
p Matrosen
q Küche
r Küchenpersonal
s Ingenieurmesse
t Ingenieure u. Maschinisten
u Gesellschaftsraum 3. Kl.
v Hospital
w Mundvorräte
x Mannschaften für Bedienung u. Maschinenraum
y_1 *bis* y_5 Laderäume
z 6 Doppelbodenzellen

Laderauminhalt		Schüttlast m³	Stücklast m³
Laderaum 1. . . .	Verschlußraum	109	93
	Raum	1504	1398
	Zwischendeck	734	657
„ 2. . . .	Verschlußraum	208	181
	Raum	2014	1881
	Zwischendeck	807	727
	Hauptdeck	1484	1325
„ 3.	Raum	1172	1135
Kühlraum.	Zwischendeck	689	661
	Hauptdeck	443	391
Laderaum 4. . . .	Verschlußraum	421	370
	Raum	1738	1588
	Zwischendeck	927	870
„ 4 und 5 .	Hauptdeck	1027	969
„ 5.	Raum	1294	1139

Inhalt der Doppelbodenzellen		m³
Vorpiek.	Ballast oder Frischwasser	168
Doppelboden Zelle 1	Ballast	176
„ 2	Treiböl	2×129
„ 3	„	2×194
„ 4	Kesselspeisewasser	99
	Kühlwasser	99
	Schmieröl	2×15
„ 5	Treiböl	2×134
„ 6	Treiböl od. Wasserball.	160
	Wasserballast	161
Hinterpiek	Frischwasser	18
	Trinkwasser	94
Hauptdeck	Trinkwasser	2×31,5
Maschinenraum . .	Treiböl	330

ist der Luftverbrauch beim Manövrieren äußerst gering, da gleichzeitig die Oberseite der Kolben Brennstoff bekommt, so daß die Anfahrluft abgeschaltet werden kann, sobald sich der Motor in Bewegung setzt. In Abb. 9 ist die Zylinderwarte dieser Anlage dargestellt. Bei guter Raumausnutzung infolge Anordnung der Auspuffrohre hinter einem besonderen Strahlschott zeigt sich, daß das Bedienungspersonal gegen die Einwirkungen der von diesen Rohren ausstrahlenden Hitze geschützt ist und daß der Maschinenraum durch diesen Schacht in Verbindung mit dem darüberstehenden Schornstein noch eine gute natürliche Lüftung erhält.

Schwingungsmessungen

Auf Grund mehrjähriger Betriebserfahrungen auf 35 bisher von der Deutschen Werft abgelieferten Motorschiffen wurden besonders für die Fünfzylindermaschine die Fragen der Maschinenfundamente, der Dreh- und Schiffsschwingungen eingehend rechnerisch untersucht. Die zweiteilige gußeiserne Grundplatte ist als Sonderkonstruktion gleichzeitig als Maschinenfundament ausgebildet und durch Fundamentbolzen unmittelbar mit dem Doppelboden verschraubt, der über die ganze Maschinenlänge erhöht ist; die längsdurchlaufenden Träger sind mit der Außenhaut verbunden. Die Messungen auf der Probefahrt und der Ausreise haben die Vorausberechnung durchaus bestätigt, so daß an Drehschwingungen lediglich ein schwach angedeutetes Gebiet der 15. Ordnung 2. Grades bei etwa 82 bis 85 U/min festgestellt werden konnte, während auch bei dem leicht beladenen Schiff Schiffsschwingungen mittschiffs überhaupt nicht meßbar waren und lediglich bei 80 U/min, von der Schraube herrührend, vier Schwingungen auf eine Umdrehung wagerecht von Bord zu Bord schwach nachweisbar wurden.

Abb. 7
Fünfzylindriger, doppeltwirkender Zweitakt-Dieselmotor, Bauart MAN, Leistung 4200 PS bei 90 U/min.

Sorgfältige Messungen wurden ferner zur Feststellung von Kippschwingungen ausgeführt. Hierbei zeigte es sich, daß derartige Messungen bei der Standprobe wenig Wert haben, da hierbei von der Schraube ausgehende Schwingungen vierter Ordnung festgestellt wurden, die während der Fahrt später nicht auftraten, und die von dem Gleitbahndruck herrührenden Einflüsse wesentlich kleinere und weichere Bewegungen fünfter Ordnung bei dem in Fahrt befindlichen Schiff hervorriefen, die an Oberkante Zylinder gemessen wurden.

Kühlwasserumlauf und Reinigung

Die Frischwasserkühlung und insbesondere die Kolbenkühlung, von deren einfachem, betriebsicherem Arbeiten gerade bei doppeltwirkenden Maschinen wesentlich die Lebensdauer der Anlage abhängt, ist besonders sorgfältig durchgebildet worden. Für die Zylinder- und Kolbenkühlung wird Frischwasser benutzt, das in einem besonderen Rückkühler nahezu auf die Temperatur des Seewassers rückgekühlt werden kann.

Die Gesamtanordnung zeigt Abb. 10:

1. zwei elektrisch angetriebene Kühlwasser-Kreiselpumpen *a* von je 300 m^3/h Leistung,
2. drei Frischwasserkühler *b* von je 74 m^2, ausreichend bemessen, um auch bei Tropenfahrt mit 30 °C Seewasser-Eintrittstemperatur Rückkühlung auf 36 °C zu erreichen,
3. Kolbenkühlwasser-Entöler „Turbulo“ *e* mit umschaltbaren Tuchfiltern.

Abb. 8
Ansicht der unteren Zylinderseite.

Abb. 9
Zylinderwarte.

Bei der Frischwasserkühlung muß vor allen Dingen jede Luft- und Ölansammlung in den Kühlräumen mit Sicherheit vermieden werden.

Bei schlechter Entlüftung tritt Pumpen in der Kühlwasserleitung auf, zeigen sich Wasserschläge in den Leitungen, Erwärmung der Stopfbüchsen beim Luftsaugen und infolgedessen unregelmäßiger Wasserumlauf, erkennbar an den stark schwankenden Kühlwassertemperaturen, wodurch die richtige Einstellung der Kühlwassermenge sehr erschwert wird.

Alle Widerstände sind so gering wie möglich zu halten, damit mit geringem Überdruck und entsprechend geringem Kraftbedarf ein vollkommen gleichmäßiger Wasserumlauf bei der Kolbenkühlung mit einer nur geringen Bewegungsschwankung nach dem Takt der Maschine erreicht wird. Bei dieser Bauart fallen die Überlauftrichter im Kühlwasserkreislauf fort, weshalb ein Lufteinsaugen am Überlauf unmöglich wird. Außerdem verhindert dies beim geschlossenen Kreislauf ein Leerlaufen der Kolben, was bei offenem Auslauf und Stehenbleiben der Kühlwasserpumpe leicht zu Kolbenbeschädigungen führt.

Obgleich die im Getriebekasten liegenden Posaunenkühlrohre in den Ständern vollkommen außerhalb des Kurbelwellenraumes angeordnet und somit vor Ölspritzern geschützt sind, bedecken sie sich doch mit einer Ölschicht; diese ölbedeckten Flächen kommen später mit dem Kühlwasser in Berührung, wobei nach und nach Ölmengen in das Kühlwasser übertreten und nicht nur dieses verunreinigen können, sondern gegebenenfalls auch die Kühlräume der Kolben. Aus diesen Gründen ist wirksame Entölung ein wesentlicher Punkt der Frischwasserkühlung. Dafür ist in die Kolbenkühlwasser-Ablaufleitung ein Entöler, Bauart Deutsche Werft, eingeschaltet durch den das Öl fast restlos aus dem Wasser abgeschieden, zunächst dem Schmutzölsammeltank zugeleitet und später durch Ausschleudern gereinigt wird. Versuche während der Ausreise des Motorschiffes „Rheinland“ haben gezeigt, daß bei dieser Posaunenanordnung und durchaus ordnungsmäßiger sparsamer Schmierung 50 kg Öl durch diesen Kolbenkühlwasser-Entöler auf der Ausreise bis Suez ausgeschieden wurden. Durch den Entöler wird außerdem eine dauernde Entlüftung des Kolbenkühlwassers mittels einer besonderen Entlüftungsleitung nach Deck erreicht.

Der Entöler, ähnlich gebaut wie der Bilgewasser-Entöler, trennt das Ölwassergemisch durch Vernichtung der Strömungsenergie, so daß sich die Flüssigkeiten nach den spezifischen Gewichten von einander scheiden. Die Ölteilchen steigen an besonderen Leitflächen nach oben und sammeln sich im Oberteil des Mantels, während das entölte Wasser im Unterteil des Behälters austritt. In dem nachgeschalteten Tuchfilter wird der etwa im Kreislauf vorhandene Rostschlamm aus dem Wasser zurückgehalten.

Zur Erwärmung der Hauptmaschine vor dem Anfahren wird das erwärmte ablaufende Kühlwasser der im Betrieb befindlichen Hilfsdieselmotoren in den Kolbenkühlwasser-Kreislauf geleitet.

a Frischwasser-Kühlpumpen
b Rückkühler
c Schauglas
d Filter
e Entöler
f Ausgleichtank

Abb. 10
Anordnung des Kühlwasserumlaufes und der Kühlwasserreinigung.

Brennstoffreinigung

Für die Brennstoffreinigung wurden auch bei diesen Schiffen die Turbulo-Feinfilter verwendet. Mehrjährige Betriebsergebnisse haben gezeigt, daß die mechanischen Beimengen des Brennstoffes, wie ungelöster Asphalt, Sandkörnchen, Faserstoffe und Wasser in diesem Filter ausgeschieden werden. Bei mäßiger Anwärmung des Öles in diesem Gerät mittels elektrischer Heizkörper wird die von der Reederei geforderte Verwendung von „Miri“-Öl für die kompressorlosen Hilfsdieselmotoren ohne weiteres möglich.

Bei dem Feinfilter werden durch Aufprallen und scharfe Richtungsänderung die turbulenten Strömungen vernichtet, die das Mitführen von spezifisch schwereren Körpern ermöglichen, so daß in übereinanderliegenden Stauwehren ein Abscheiden nach den verschiedenen spezifischen Gewichten stattfinden kann. Da ferner vollkommene Wasserabscheidung erreicht wird, so können die Tagesbrennstoffbehälter wesentlich kleiner gewählt werden.

Schmierölreinigung

Die bewährte Umlaufschmierung ist auch hier verwendet. Von dem in die Grundplatte eingelassenen Sammeltrog fließt das Öl nach den Schmieröl-Doppelbodenzellen und wird von hier durch einen Doppelsatz elektrisch angetriebener Zahnradpumpen von je 35 m^3/h Leistung in die Maschine gedrückt. Für die Schmierölreinigung ist im dritten Deck ein stehender Setzbehälter von 8 m^3 Inhalt mit Heizschlangen angeordnet. Über einen elektrischen Durchlauferhitzer fließt das Schmieröl Ölschleudern zu und gelangt gereinigt wieder in die Schmieröl-Doppelbodenzellen.

Da ein dauerndes Ausschleudern unzweckmäßig ist, weil immer reines und schmutziges Öl gemischt werden und diese Schmierölreinigung im Gegensatz zur Brennstoffreinigung viel Zeit und Aufmerksamkeit erfordert, so reinigt man das Schmieröl am besten im Hafen, wobei vorher ein Behälter zur Aufnahme des gereinigten Öles völlig geleert werden muß. Zur wirksamen Reinigung des Schmieröles und Ausscheidung der oxydierten Bestandteile ist es vorteilhaft, dem Öl Frischwasser zuzusetzen, das auf 40 bis 60° erwärmt wird.

Steht nur kaltes Zusatzwasser zur Verfügung und versucht man, das Wasser durch das höher erwärmte Öl zu erwärmen, so fängt bei Drosselung die Ölmenge leicht an zu kochen und fließt unregelmäßig, ohne daß wegen der geringen spezifischen Wärme des Öles ausreichende Anwärmung des Zusatzwassers erreicht wird.

Spülluft

An der Hinterkante des Schornsteinaufbaues sind große Querschnitte für den Eintritt von Frischluft offen gelassen. Schräg nach oben gestellte Jalousien mit seitlicher Neigung für abfließendes Regenwasser sollen Tropfenbildung an den Jalousiekanten und damit ein Mitreißen von Wasser durch die vorbeistreichende Spülluft verhindern. Der Luftschacht mit großen Querschnitten, Abb. 11, — die Luftgeschwindigkeit beträgt höchstens 4 m/s — hat unten reichliche Entwässerung.

Von diesem Schacht strömt die Luft seitlich nach der Vorkammer des Gebläseraumes und unter abermaliger Richtungsänderung nach dem Gebläseraum, aus dem das Gebläse unmittelbar saugt. Die Leistung des Spülluftgebläses beträgt 550 m^3/h bei höchstens 1200 mm WS. Im

Abb. 11
Mitte Schiff, von Steuerbord gesehen.

Abb. 12
Schott 76 von hinten gesehen.

Abb. 13
Ansicht auf Flur.

Abb. 11 bis 13
Maschinenraum-Anordnung. Hilfsmaschinen.

a Hauptmaschine
b Dieseldynamos
c Dieseldynamo
d Dieseldynamo-Notluftpumpe (Hafendynamo)
e Spülluftgebläse
f Anfahrluftpumpe
g Luftkühler für Anfahrluftpumpe
h Seewasser-Kühlpumpen
i Frischwasser-Kühlpumpen
k Kühlwasser-Doppelsatz für Hafenbetrieb
l Frischwasser-Rückkühler
m Schmierölpumpen
n Tages-Brennstoffpumpe
o Wasserballastpumpe
p Treibölpumpe
q Lenzpumpe
r Feuerlöschpumpe
s Pumpe für Leckwasser der Kolbenkühlung
t Frischwasserpumpe
u Kessel mit Ölfeuerung u. Gebläse
v Abgaskessel
w Bilgewasserentöler „Turbulo“
x Tuchfilter m. Kolbenkühlwasser-Entöler
y Anfahrluftbehälter
z Anfahrflasche m. Hilfsdieselmotor
a_1 Anfahrflasche für Dieseldynamo-Notluftpumpe
b_1 Einblaseflasche für Hauptmaschine
c_1 Res.-Einblaseflasche für Hauptmaschine
d_1 Handluftpumpe
e_1 Haupt-Schalttafel
f_1 Tages-Brennstoffbehälter
g_1 Treibölfeinfilter „Turbulo“
h_1 Schmierölschleudern
i_1 Durchlauferhitzer für Schmieröl
k_1 Ölkühler für Hauptmaschine
l_1 Auspuffschalldämpfer für Hauptmaschine.
m_1 Auspuffschalldämpfer für Hilfsdieselmotoren
n_1 Auspuffschalldämpfer für Hafendynamo
o_1 Frischwasser-Ausgleichtank
p_1 Klosettwasserbehälter
q_1 Kalt-Frischwasserbehälter
r_1 Warm-Seewasserbehälter
s_1 Badepumpe
t_1 Solepumpen für Kühlanlage
u_1 Verdampfer für Kühlanlage
v_1 Spüllufteintritt
w_1 Luftschacht

Bordbetrieb hat sich gezeigt, daß für die Normallast ein Gebläsedruck von 900 mm bei einem Kraftbedarf von 130 kW völlig ausreicht.

Die Geräuschübertragung nach dem Maschinenraum hat man mittels eines besonderen Gebläseraumes mit innerer Holzbekleidung und der bei Kühlraumisolierung üblichen Zwischenlage von Ölpapier verhindert, während eine Schalldämpfung der Gebläsegeräusche nach Deck durch die vorstehend beschriebene mehrmalige Richtungsänderung und eingebaute Dämpfungsplatten an den Umkehrstellen erreicht wurde. Zur Verminderung der Geräuschübertragung nach der Druckleitung wurden im Frischluft-Druckkanal alle Krümmer aus Gußeisen hergestellt.

Gegen die Übertragung der Geräusche nach den Kammern der Fahrgäste wurde der Kesselschacht in den betreffenden Decks durch sechsfache Aluminiumfolie geschützt, wodurch man gleichzeitig wirksame Wärmeisolierung erreichte. Zur Dämpfung der Auspuffgeräusche sind außer dem Abgaskessel, der Volumenverminderung und damit geringe Abgasgeschwindigkeiten zur Folge hat, besondere Auspuffschalldämpfer und Funkenfänger eingebaut worden.

Hilfsmaschinen

Infolge der Einführung der Frischwasserkühlung für Haupt- und Hilfsmaschinen ist die Hilfsmaschinenanlage, Abb. 11 bis 13, etwas umfangreicher geworden als sonst üblich, weil neben den Frischwasser-Kühlpumpen für den Motor auch noch Seewasser-Kühlpumpen sowie ein Kühler für die Rückkühlung des Frischwassers vorhanden sein müssen. Die Dieseldynamos, hiervon sind drei von je 200 kW Leistung im Maschinenraum unten, eine von 100 kW im Zwischendeck und eine von 40 kW in einem besonderen Raum über der Wasserlinie aufgestellt, haben sämtlich 220 V Spannung und werden gleichfalls mit Frischwasser gekühlt. Sie arbeiten mit Druckzerstäubung ohne Einblaseluft. Die 40 kW-Dieseldynamo dient als Notdynamo und arbeitet in diesem Fall auf eine besondere Notschalttafel, die indessen auch von den Sammelschienen der Hauptschalttafel gespeist werden kann.

Der Bedienungsstand, Abb. 14, für die Hilfsmaschinen liegt mit dem der Hauptmaschine fast in gleicher Höhe. Von diesem Bedienungsstand aus können die Hauptschalttafel, die Dieseldynamos und sämtliche für den Betrieb der Hauptmaschine nötigen Pumpen übersehen werden.

Abb. 15 zeigt den auf Steuerbord liegenden Pumpenraum. Auf diesem Schiff hat man nur umlaufende Pumpen verwendet. Auch die aus dem Doppelboden saugenden Pumpen, wie Ballastpumpe, Öltrimmpumpe und die Bilgelenzpumpen sind selbstansaugende Schleuderpumpen. Für die Förderung von Treiböl aus dem Doppelboden in die Verbrauchsbehälter sowie zum Pumpen von Heizöl sind Zahnradpumpen aufgestellt worden; ebenso sind auch die Schmierölpumpen Zahnradpumpen. Für Feuerlöschzwecke dient eine fünfstufige Schleuderpumpe von 30 m^3/h Leistung bei 80 m W.-S.

Abb. 14
Hilfsmaschinenraum, Bedienungsstand.

Abb. 15
Pumpenraum mit stehendem Bilgewasserentöler auf Steuerbord.

Da eine Pumpe oft für verschiedene Zwecke bestimmt ist, muß die Sauge- und Druckleitung so angeordnet werden, daß es unmöglich ist, daß zwei Räume, die verschiedene Flüssigkeiten enthalten, unbeabsichtigt miteinander in Verbindung kommen können. Hierfür sind besondere Umschalthähne vorgesehen, die eine besondere Anlüfteinrichtung für den Kegel haben, damit dieser leicht betätigt werden kann und in seiner endgültigen Stellung doch dicht hält, wenn der Kegel wieder angezogen worden ist. Diese Hähne, Bauart Deutsche Werft, haben sich sehr gut bewährt, weil sie eine besonders einfache Rohrführung ermöglichen, die Betriebsüberwachung vereinfachen und falsche Bedienung ausschließen.

Wie auf modernen Motorschiffen üblich, werden auch alle Deckhilfsmaschinen elektrisch angetrieben. Für den Antrieb des Rudermotors ist ein besonderer Umformer mit Leonard-Schaltung aufgestellt.

Abb. 16 zeigt die Aufstellung der elektrischen Winden und gleichzeitig auch ihre zweckmäßige Form. Das Getriebe ist vollkommen gekapselt. Vorspringende Kanten sind vermieden, so daß Ladehaken usw. sich nicht festhaken können. Die Gleichstrom-Windenmotoren von 25 PS sind genormt; sie haben gemischte Erregung, wobei die Geschwindigkeit entsprechend der Belastung von 0 bis 5 t sich selbsttätig von 1,9 bis 0,3 m/s einstellt. Die Schaltung

Abb. 16
Elektrische Ladewinden.

ist so, daß beim Senken mit Last Strom in das Netz zurückgeliefert wird. Für die Maschinen auf Deck und die Ankerwinde sind auf dem Vor- und Hinterschiff getrennte Ringleitungen verlegt, so daß bei Beschädigung der Kabel auf einer Schiffsseite die andre Schiffsseite zur Verfügung steht.

Betriebsergebnisse

Die Betriebsergebnisse der neuen Motorschiffe sind sehr zufriedenstellend. Die „San Francisco" und „Los Angeles" sind gerade von ihren ersten Reisen zurückgekommen. Der Treibölverbrauch für Haupt- und Hilfsmaschinen zusammen betrug 17,4 t/24 h und somit 0,162 kg/PS$_i$h. Für Hilfsmaschinenzwecke sind hierin 1,71 t/24 h enthalten, so daß der Hauptmotor allein 0,146 kg/PS$_i$h verbraucht. Der mechanische Wirkungsgrad des Hauptmotors ist auf dem Prüfstand im Mittel mit 84 vH festgestellt worden, wobei außer den Brennstoffpumpen noch die Einblaseluftpumpen vom Hauptmotor aus angetrieben werden. Der Schmierölverbrauch für den Hauptmotor beträgt rd. 70 kg/24 h, und zwar für die Zylinderschmierung allein 50 kg/24 h. [B 1692]

Hans Detlef Krey †.

Am 15. Juli verstarb nach langem schwerem Krankenlager der langjährige Leiter der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin: Oberregierungs- und Baurat Professor Dr.-Ing. E. h. Hans Detlef Krey. Mit ihm ist der deutschen Ingenieurwissenschaft ein Mann entrissen worden, der kraft tiefsten Wissens, größter Erfahrung und einer geradezu intuitiven Sicherheit des Gefühls für die verwickelten Zusammenhänge von Kraft und Stoff auf den weiten Gebieten der Hydraulik, des Wasser- und Erdbaues, weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt und geachtet war.

1866 als Sohn eines Hofbesitzers in der Wilstermarsch geboren, ist er Zeit seines Lebens seiner nordfriesischen Heimat eng verbunden geblieben. Der ewige Kampf seines Heimatlandes gegen das andringende Meer, ihre ernste schwere Landschaft, drückten Kreys ganzem Leben ihren Stempel auf. Ernst im Wesen, klar im Denken, beharrlich und ohne Schwanken ein für richtig erkanntes Ziel verfolgend, verband er mit tiefster Herzensgüte eine innige Liebe zur Natur. Seine starke, geschlossene Persönlichkeit zwang alle, die mit ihm in Berührung kamen, ebenso in ihren Bann, wie seine Schaffenskraft, seine unermüdliche Arbeitsfreude seinen Mitarbeitern ein ständiger Ansporn war. Ihnen war Krey nicht nur Berater und Führer zu eigener Arbeit, sondern auch selbstloser Förderer und väterlicher Freund.

Von Haus aus für die mathematischen und Naturwissenschaften besonders gut veranlagt, erwarb er nach der Schulzeit auf dem Gymnasium in Altona, in München und Berlin die wissenschaftliche Grundlage für seine späteren Erfolge. Nach der Ausbildungszeit als Regierungsbauführer und 1896 bestandener zweiter Staatsprüfung wurde er zunächst dem Wasserbauamt in Husum überwiesen. Nach fünfjähriger Tätigkeit in seiner engeren Heimat und anschließender Beschäftigung in der Bauabteilung des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, die ihn gleichzeitig als Assistent mit Müller-Breslau in engere Fühlung brachte, übernahm er 1908 die Leitung des Kanalbauamtes in Lünen. Von hier wurde Krey 1910 zur Leitung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin berufen und damit in einen Wirkungskreis gestellt, auf dem er seine Fähigkeiten zur Blüte und zu höchster Fruchtbarkeit entwickeln konnte. Seiner Anstalt galt bald all sein Denken und Trachten, ihrer Weiterentwicklung widmete er seine überreiche Schaffenskraft und opferte ihr schließlich in selbstloser Hingabe Gesundheit und Leben.

Die Ergebnisse seiner Arbeit hat Krey in einer großen Zahl von Veröffentlichungen niedergelegt. Hier seien nur erwähnt seine grundlegenden Untersuchungen über die zweckmäßigste Querschnittgestaltung der Schiffahrtkanäle und ihre Beziehungen zu Schiffswiderstand und Schiffsform, seine Arbeiten auf dem Gebiete des Schleusenbaues, die über den Nachweis der Entbehrlichkeit langer Umläufe schließlich zur umlauflosen Schleuse führten. Die Veröffentlichungen über Ebbe und Flut und die Einwirkung künstlicher Einbauten auf ihren Verlauf wiesen auf diesem überaus schwierigen Gebiete durch Einbeziehung der Bettreibung ebenso neue Wege, wie seine Forschungstätigkeit über Reibungs- und Gefällverluste und die Geschiebebewegung in Flüssen. Die Arbeit seiner letzten Jahre galt in der Hauptsache der Weiterentwicklung unserer Kenntnisse auf dem Gebiete des Erdbaues und der Erdbaumechanik. Sein 1926 in dritter Auflage erschienenes Buch: „Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes" ist grundlegend geworden. Die Angliederung einer Abteilung für Erdbau an die Versuchsanstalt war die Krönung seiner Arbeit auf diesem zukunftsreichen Gebiete.

Mannigfache Ehrungen sind Krey in Anerkennung seiner wissenschaftlichen Verdienste zuteil geworden. 1920 wurde er Ehrendoktor der Technischen Hochschule in Dresden, 1927 Honorarprofessor der Hochschule in Berlin; die Akademie des Bauwesens zeichnete ihn 1926 durch Verleihung der goldenen Medaille aus und ernannte ihn 1928 zu ihrem Mitgliede. Mehr als äußere Ehren galten ihm, dem stets schlichten Manne, aber die Anerkennung, die die Arbeit der Versuchsanstalt unter seiner Leitung mehr und mehr im In- und Auslande fand und die zu einer Entwicklung führte, daß der auf der Schleuseninsel im Tiergarten zur Verfügung stehende Platz zur Bewältigung der größeren Aufgaben nicht mehr ausreichte und ein großes Versuchsfeld in Marquardt bei Potsdam hinzugenommen werden mußte. An der Vollendung der Erweiterungsbauten teilzunehmen, denen seine Sorge bis in die letzten Stunden seines Lebens galt, hat ihm ein hartes Geschick versagt. Kreys Tod hinterläßt eine Lücke, die schwer zu schließen ist. Sein Leben aber steht vor uns Nachgebliebenen klar und wahr, erfüllt von unermüdlichem selbstlosem Schaffen zum Wohle des Vaterlandes und im Dienste der Wiedererlangung der Weltgeltung Deutschlands. Wir denken seiner stets als eines Mannes, von dem auch gilt: patriae inserviendo consumor. [P 2061] B. Körner.

Die Hindenburgschleuse in Anderten am Mittellandkanal

Von Oberregierungs- und -baurat Dr.-Ing. Goetzcke, Hannover

Lage, Größe, Wasserverbrauch der Schleuse. — Konstruktion der Sparkammern. — Schützen, Umläufe und Leitwerke. — Baustoffprüfung. — Einrichtung der Baustelle. — Bauausführung.

Durchbildung der Doppelschachtschleuse

Die neue Schleusenanlage liegt etwa 9 km östlich von Hannover bei dem Dorf Anderten und vermittelt den Aufstieg aus der rd. 212 km langen Haltung auf Normalnull + 50 m des Ems-Weser-Kanals von Münster am Dortmund-Ems-Kanal bis Hannover auf die 63 km lange Scheitelhaltung NN + 65 m des bis auf die Schleusen im wesentlichen bis Peine fertiggestellten Weser-Elbe-Kanals[1]). Sie hat somit ein Gefälle von 15 m zu überwinden. Entsprechend dem zu erwartenden starken Durchgangsverkehr vom rheinisch-westfälischen Industriegebiet zur Elbe und nach Berlin sind zwei Schleusen neben einander mit je 225 m nutzbarer Kammerlänge, 12 m Breite und 3 m Drempeltiefe angeordnet. Jede Schleuse kann somit außer dem Schleppdampfer drei Kähne von je 600 t oder zwei Kähne von je 1000 t Ladefähigkeit aufnehmen. Die Leistung beider Schleusen ist bei 16stündigem Verkehr an 270 Betriebstagen im Jahr und bei einer Doppelschleusungsdauer von 66 min. zu etwa 18 Mill. t berechnet worden, wobei auf Grund statistischer Ermittelung bei andern Kanälen eine Kahnraumausnutzung von 60 vH angenommen ist.

Die Wasserverluste der rund 63 km langen Scheitelhaltung betragen an Schleusenverbrauchswasser rund 4,33 m^3/s und an Versickerung und Verdunstung im Mittel 2 m^3/s. Die Speisung auf natürlichem Wege ist nur zeitweise aus der Innerste bei Steuerwald nördlich Hildesheim durch den auf NN + 73 gelegenen Zweigkanal möglich. Auf Grund von Verleihungen dürfen bei H W aus dem Überschußwasser der Innerste über 10 m^3/s bis zu 2,5 m^3/s und aus dem Überschußwasser über 14,5 m^3 im ganzen bis zu 8 m^3/s dem Kanal zugeführt werden. Da infolgedessen mit dem Wasser aufs äußerste gespart werden muß, hat man die Schleuse als Sparschleuse in der Art der Mindener Schachtschleuse entworfen.

Abb. 1
Blick nach dem Unterhaupt auf die beiderseitigen fünfstöckigen Speicher mit ihren Eiseneinlagen. In der Mitte die Schleusenkammer mit den Gerüsten für die Klinkerverblendung.

Die Seitenräume sind als Sparbecken in fünf Stockwerken übereinander ausgebildet und in der Längsrichtung in fünf Abschnitte von je 42,30 m Länge und 16,10 m Breite eingeteilt worden. Jede zweite Pfeilerreihe der Speicher ist durch Einziehen eines kräftigen Strebenfachwerkes gegen Wasser- und Erddruck standfest gemacht, Abb. 1 bis 5. An der Rückseite der Außenspeicher ist in der Höhe des Unterwasserstandes, wo die Hinterfüllung beginnt, ein Sickerkanal zur unschädlichen Abführung des Sickerwassers angelegt worden. Der Sickerkanal leitet das Wasser nach dem Unterwasser ab, so daß an der Außenseite der Speicher das Grundwasser etwa in Höhe des Unterwasserspiegels sich einstellen muß, und die Schleusenkammersohle von einem größeren Auftrieb auch bei trockengelegter Schleusenkammer nicht beansprucht werden kann. Bei einem Schleusenkammerinhalt von 42 000 m^3 werden durch die Sparbecken rd. 31 500 m^3, also 75 vH, an Wasser gespart, so daß bei jeder Schleusung nur 10 500 m^3 dem Oberwasser zu entnehmen sind.

Damit auf jeden Fall verhindert wird, daß ein vom Oberwasser her auftretender höherer Auftrieb die massive Schleusensohle überbeansprucht, ist sie zwischen den ersten beiden Speicherpaaren am Oberhaupt durch kräftige Eiseneinlagen biegungsfest eingespannt; zwischen den übrigen Speicherpaaren ist sie dagegen frei gelagert worden. Die Betriebsumläufe und Stichkanäle sind in üblicher Weise angeordnet.

Modellversuche in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin haben ergeben, daß sich bei Entnahme von etwa 40 m^3/s aus dem Oberwasser durch Öffnen der Schützen beim Schleusenbetrieb Strudel bilden und Luft in die Umläufe mitreißen; es wäre daher zu befürchten, daß die mitgerissene Luft bei größerer Ansammlung explosionsartig wirken könne. Bei der üblichen Anordnung, wo die Umlaufkanäle wagerecht aus den Oberhauptmauern abzweigen und besonders, wenn eine der seitlichen Klapptornischen zur Aufnahme des Tortriebes etwas breiter ausgebildet würde und die Rollkeilschützen in hoher Lage eingebaut worden wären, hätten die Umläufe in ihrem steil abfallenden Teile außerdem mehrfach ungünstig gekrümmt werden müssen.

Um die Gefahren infolge Mitreißens der Luft und die Nachteile infolge der scharfen Krümmungen der Umläufe und der hohen Lage der Rollkeilschützen zu vermeiden, wurde der Vorentwurf so abgeändert, daß vom Tornischenboden aus zunächst ein senkrechter trichterförmiger erweiterter Schacht abzweigt, woran sich die wagerechten Umläufe anschließen, die durch tief liegende Rollkeilschützen abgeschlossen werden können. Die Modellversuche haben auch ergeben, daß die trichterförmige Erweiterung des senkrechten Schachtes in der Richtung der Schleusenachse unsymmetrisch auszubilden ist, Abb. 2. Nachdem das Schleusenmodell entsprechend abgeändert und auch die seitlichen Tornischen gleich breit gemacht worden waren, ergaben die weiteren Modellversuche, daß keine schädlichen Wirbel im Oberwasser mehr auftraten.

Neben dem Betriebsumlauf ist unter jeder Speicherreihe noch ein Notumlauf mit 3 m Dmr. angeordnet. Er

[1]) Über den zweiten Teil des Mittellandkanals s. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 14 S. 453.

Abb. 2
Längsschnitt

Abb. 3
Wagerechtschnitte in Höhe der untersten Sparkammern und in Höhe der Umläufe. 1 : 750.

soll bei Ventilbrüchen und Bedienungsfehlern, wobei die Speicherbecken überfüllt und infolgedessen die Speicherdecken durch Druck von unten schädlich beansprucht werden könnten, das über die Überläufe der Becken steigende Wasser aufnehmen und unschädlich ins Unterwasser abführen. Das Wasser kann somit nie so hoch in dem Speicherbecken ansteigen, daß es die Decke des darüberliegenden Speichers erreicht. Infolgedessen erhalten die Speicherdecken keinen Auftrieb. Sie sind dementsprechend schwächer als die Speicherdecken der Schleuse bei Minden gehalten, wo die Notumläufe fehlen. Die einzelnen Wasserspeicher sind durch Ringventile, die Umläufe am Ober- und Unterhaupt durch Rollkeilschützen, Abb. 6, und die Schleusenkammern am Oberhaupt durch Klapptore und am Unterhaupt durch Hubtore abgeschlossen.

Die Schleusentore ohne Antriebe hat Friedrich A. Seebeck G. m. b. H., Geestemünde, die Speicherschachtrohre und Ventile mit den zugehörigen maschinellen Anlagen die Firma Freund-Starke-Hoffmann-Maschinen, A.-G., Berlin-Schöneberg, geliefert. Die maschinelle Ausrüstung der Häupter, bestehend aus den Torantrieben, den Rollkeilschützen mit ihren Antrieben und den Notschützen lieferten Schmidt, Kranz & Co., Nordhäuser Maschinenfabrik A.-G., Nordhausen. Sämtliche Verschlüsse werden elektrisch angetrieben und zentral von einer über jeder Schleusenkammer in der Mitte gelegenen Bedienungsbrücke, Abb. 4, aus gesteuert. Die AEG, Berlin, lieferte die gesamte elektrische Ausrüstung und die für die Signalanlagen in Verbindung mit Neufeld & Kuhnke, Kiel. Die Straßen sind mittels Betonbogenbrücken über das Ober- und Unterhaupt geführt, Abb. 7.

Ein Pumpwerk mit sechs elektrischen Pumpensätzen zu je 1,6 m^3/s an der Westseite des unteren Vorhafens sorgt für den Ersatz des der oberen Haltung entnommenen

Abb. 6
Rollkeilschütze.

Abb. 4 und 5
Sparkammern. 1 : 750.

Schleusenverbrauchswassers und der sonstigen Verluste der Scheitelhaltung. Von den sechs Pumpensätzen sind zunächst nur zwei aufgestellt worden, die die Amag-Hilpert-Pegnitzhütte, Nürnberg, in Verbindung mit den Siemens-Schuckertwerken, Berlin, gebaut hat. Die SSW lieferten auch die Hochspannungsantriebmotoren von je 450 kW und 6000 V Spannung. Die übrige elektrische Ausrüstung für die Zuführung, Umformung und Verteilung der elektrischen Energie ist der Firma Hüper & Schmidt, Hannover, übertragen worden. Die günstigste Form für die Einmündung des Pumpwerkgrabens, Abb. 8, zur gleichmäßigen Verteilung des im Oberhafen aufgepumpten Wassers ohne Belästigung der ein- und ausfahrenden Schiffe ist in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin untersucht worden. Dabei war einmal zu prüfen, wenn das Pumpwerk 9,6 m^3/s liefert, ohne daß geschleust wird, und dann, wenn gleichzeitig die dem Auslaufbauwerk gegenüberliegende Schleuse mit 40 m^3/s aus dem Oberwasser gefüllt wird. In diesen beiden ungünstigsten Fällen dürfen die am Auslauf vorüberfahrenden Schiffe möglichst wenig durch Querströmungen beunruhigt werden.

Vorversuche zur gleichmäßigen Verteilung des vom Pumpwerk kommenden Wasserstromes sowohl mit Anordnung mehrerer kleiner Dücker im Graben vor dem Auslauf wie auch mit Leitwänden und mit über die ganze Austrittsbreite reichenden Grundschwellen zeigten, daß der erstrebte Zweck am einfachsten mit einer Grundschwelle zu erreichen war. Weitere Versuche führten dann zu der günstigsten Form des Auslaufs nach Abb. 8, wobei sich der Abflußgraben erst kurz vor der Ausmündung verbreitert und eine Grundschwelle unmittelbar vor dem Auslaufbauwerk vorgesehen ist. Die Oberfläche dieser Grundschwelle wird zweckmäßig mit einem gleichmäßigen Gefälle von 0,2 m nach der Schleuse zu angelegt, und zwar so, daß ihr tiefster Punkt 0,85 m und ihr höchster 0,65 m unter dem normalen Oberwasserspiegel liegt.

Im Ober- und Unterhafen sorgen massive Leitwerkmauern an den Ufern und spitz zusammenlaufende Leitwerke zwischen beiden Schleusen für eine sichere Führung der Schleppzüge in die Schleuse, Abb. 8. In der Nähe des Schleusenoberhaupts konnten weder die Ufermauern noch die Pfeiler der Mittelzunge sachgemäß und standfest gegründet werden, soweit sie über der tiefen Baugrube des Oberhaupts auszuführen waren, weil sie sonst auf aufgeschüttetem Boden hätten aufgebaut werden müssen. Sie sind daher durch eiserne Larssen-Spundwände ersetzt, die kräftig verankert und dann hinterfüllt worden sind. Im übrigen sind die landseitigen Leitwerke als Ufermauern ununterbrochen durchgeführt, während die mittleren Leitwerke aus Einzelpfeilern bestehen, zwischen denen starke, je aus sechs Stück Rundhölzern bestehende Schwimmflöße angebracht sind.

Im Oberwasser hat man eine 180 m lange Leitwerkzunge vorgesehen, um zu verhindern, daß bei starken Querwinden die die eine Schleuse benutzenden Schiffe gegen die der andern getrieben werden. Im Unterwasser konnte die Leitwerkzunge gespart werden, weil hier die 20 m hohen Ufer die Schiffe gegen Querwind schützen.

Abb. 7
Oberhaupt der Schleuse Anderten mit dem Lehrgerüst für die Oberhauptbrücke.

Die Baustoffe

Die Schleuse ist aus Beton und Eisenbeton hergestellt und mit Klinkern verblendet worden, weil nach Ansicht des Verfassers die Verblendklinker gegen Schiffsstöße und Abnutzung widerstandfähiger sind als die ohne Verblendung ausgeführten Betonflächen. Dies ist wohl dadurch bewiesen, daß in der Versuchsanstalt sogar die mit den fettesten Mischungen ausgeführten Betonprobekörper zerdrückt werden konnten, während es nicht gelungen ist, die für die Verblendung verwendeten Klinkersteine zu zerdrücken. Die Klinkerverblendung ist mit dem Beton der Kammermauern durch Flacheisenbügel verankert. Die Klinkermauern sind jeweilig zunächst in Stockwerkhöhe aufgeführt worden und ersetzten während des Betonierens die äußere Schalung des Kammerwandbetons. Damit sich während des Betonierens zwischen der

Abb. 8
Lageplan der Schleuse Anderten in der zukünftigen Ausführung als Doppelschleuse.

a elektr. Anlagen
b Pumpwerk
c Kohlen u. Heizung
d Schleusenkammer
e Sickerkanal
f Hinterkante Speicher
g Treidelgleis
h Schleusenmeistergehöft
i Eisenspundwand
k Schwelle des Auslaufkanals
l Nadelverschluß
m Laufsteg
n Leitmauer
o Durchlaß
p 2 × 3 Schwimmbalken von 30 cm Dmr.

Klinkerverblendung und dem Beton keine Lufträume unter der Verzahnung bilden können, ist die Verzahnung nicht wie üblich senkrecht, sondern wagerecht gelegt, Abb. 9.

Der Bauleitung war eine Versuchsanstalt angegliedert worden, die in umfangreichen Vorversuchen die günstigsten und wirtschaftlichsten Betonmischungen zu ermitteln hatte. Der Beton sollte neben der erforderlichen Festigkeit vor allem auch praktisch wasserundurchlässig sein, um eine kostspielige, vollkommene Isolierung der Speicher zu ersparen. Zur Verfügung stand ein in etwa 4 km von Anderten billig gewonnener Sandkies, dessen Kornzusammensetzung wegen des Mangels an ganz feinen und ganz groben Bestandteilen allerdings nicht allzu günstig war. Zement war aus den nahegelegenen Zementfabriken in Misburg in jeder Menge und in der erforderlichen Güte zu beschaffen. Rheinischen Traß lieferte der Deutsche Traßbund, Köln, aus dem Neckartal. Der Splitt wurde aus Piesberg am Osnabrücker Zweigkanal bezogen und entstammte den Sandsteinbrüchen des Karbon. Die Verblendklinker stammen von der Firma Schütte, A.-G. für Tonindustrie, Minden i. W., aus einer Ziegelei Dehme nahe Bad Oeynhausen. Sie wurden teils auf dem Wasserwege und teils auf der Eisenbahn zur Schleusenbaustelle geschafft.

Zunächst mit Stampf- und Gußbeton ausgeführte Versuche ergaben beim Stampfbeton zwar leicht die erforderlichen Festigkeiten, aber auch mit Zusatz von Traß keine Wasserundurchlässigkeit, dagegen beim Gußbeton zwar völlige Undurchlässigkeit bis zu den mageren Mischungen 1 : 7 und 1 : 8 bei sogar nur 15 cm dicken Platten und 4 bis 5 at Überdruck, dem sie ununterbrochen vier Wochen lang ausgesetzt wurden, aber keine hinreichende Festigkeiten. Da die unzureichende Festigkeit vermutlich auf den zu hohen Wassergehalt zurückzuführen war, wurde versucht, den Wassergehalt zu ermäßigen. Es ergab sich der sogenannte Weichbeton, ein steifbreiiger Beton, der als ein Mittelding zwischen Stampf- und Gußbeton anzusehen ist, hinsichtlich seiner Festigkeit zwischen diesen beiden steht und wie der Gußbeton bei den Versuchen völlig wasserundurchlässig blieb.

Sandmehlzusatz wirkte erhöhend auf die Festigkeit, war aber in den erforderlichen Mengen schwer zu beschaffen. Deshalb wurde dem Beton Traß zugesetzt, wobei noch erwartet wurde, daß neben der besseren Porenausfüllung des Kieses bei genügender Naßhaltung des Betons noch eine Steigerung der Festigkeit infolge der chemischen Wirkung des Trasses eintreten würde.

Die endgültig gewählten Mischverhältnisse sind: 1 Teil Zement + 0,33 Traß + 7 Kies für den Beton der Speicherfundamente und der Häupter. Weiche Mischung mit einer Würfelfestigkeit von 100 kg/cm² nach 28 Tagen.

Abb. 9
Blick in die Kammer der Westschleuse nach dem Unterhaupt zu.

1 Zement + 0,33 Traß + 6 Kies für den Beton der Schleusenkammersohlen mit einer Würfelfestigkeit von 125 kg/cm² nach 28 Tagen.

1 Zement + 0,33 Traß + 3,5 Kies + 1,5 Splitt für den Beton der Speicheraufbauten mit einer Würfelfestigkeit von 180 kg/cm² nach 28 Tagen.

Für die Häupter, wo es sich um große Klötze mit verhältnismäßig geringen Festigkeitsanforderungen handelte, wurde das Gußbetonverfahren zugelassen[2]).

Einrichtung der Baustelle

Die Schleusenbaustelle hat durch die nahe am Oberhaupte vorbeiführende Landstraße Anderten-Höver Straßen- und Straßenbahnanschluß. Außerdem bestand noch Wasser- und Eisenbahnverbindung mittels des Baugleises, das für die Bauarbeiten der westlich an die Schleusenbaustelle anschließenden Kanalstrecke verlegt worden ist. Eine Arbeitsbahn mit 90 cm Spur führte zu den rund 2,5 km entfernten Umladegleisen auf dem Nordostufer des Kanalanfanges; die Umladegleise haben Vollbahnanschluß an die Übergabegleise des Güterbahnhofs Misburg-Hafen.

Im ersten Bauabschnitt, der die gesamten Arbeiten der westlichen Schleuse und von der östlichen Schleuse neben den Häuptern mit Straßenbrücke noch ein Speicherpaar am Oberhaupt umfassen sollte, waren rd. 145 000 m³ Beton und Eisenbeton herzustellen. Um diese Massen in der kurzen Bauzeit von Herbst 1924 bis Ende 1927 zu bewältigen, war eine umfangreiche, sorgsam durchgedachte Baustelleneinrichtung erforderlich.

Von den Baustoffen hatte man Kies und Splitt schon während des Baugrubenaushubes zum größten Teil herangefahren und neben der Baustelle gelagert. Beim Bau wurden sie mittels Löffelbagger in die Kies- und Splittzüge geladen, die über den Tiefbunkern der Mischanlage in ganzer Länge entleeren konnten. Der gemahlene Traß wurde auf dem Wasserwege über die Umladestelle Misburg bezogen und mit hölzernen Kastenkippern zur Baustelle gefahren. Der Zement — rd. 46 000 t für den ersten Bauabschnitt — ist aus der rd. 2 km entfernten Zementfabrik Alemannia, zu der ein Baugleis gelegt wurde, unmittelbar aus den Silos mittels Schnecke in eisernen Sonderwagen abgezogen und in die Silos und Bunker der Baustelle befördert worden. Die Beton- und Monierbau-A.-G., Berlin, hat 10 Sonderwagen beschafft, die die Form zweier mit ihren breiten Grundflächen aufeinander stehender viereckiger Trichter haben und je 7 m³ oder 10 t Zement fassen. Dies ist wohl das erstemal, wo in Deutschland ein Versuch im großen mit unverpacktem Zement (rd. 200 t Tagesverbrauch) gemacht wurde; er hat sich voll bewährt.

Abb. 10
Schleuse Anderten: Speicherfundament mit Ventiltrichtern. Schalung für die Umläufe im Unterhaupt. Oben die Betonfabrik.

Abb. 11
Schleuse Anderten: Links Oberhaupt mit der Betongießanlage, aufgenommen im Juli 1925.

Neben einer im Herbst 1924 behelfsmäßig aus Holz schnell hergestellten Betonieranlage wurden in den Wintermonaten zur Bereitung und zum Einbau der großen Betonmassen auf der Ostseite der Baugrube eine zentrale Betonmischanlage und zwei die ganze Baugrube quer überspannende Kabelkrane erbaut, die im Frühjahr 1925 in Betrieb genommen werden konnten. Die Betonmischanlage, Abb. 10 und 11, bestand aus drei Maschinen mit je 1000 l Trommelinhalt. Traß und Zement wurden aus den hochliegenden je 10 t fassenden Vorratbunkern durch selbsttätige Abmeßtrommeln abgezapft und zunächst für sich gemischt. Kies und gegebenenfalls Splitt wurde ebenfalls durch gleichartige Abmeßtrommeln aus den Tiefbunkern zugemessen, die 210 m³ Kies und 60 m³ Splitt faßten.

Neben der Betonmischanlage befand sich eine große Vorratsiloanlage, die rd. 350 t Zement und eine Kahnladung von 600 t Traß fassen konnte. Diese Baustoffe wurden in der Betonfabrik ausschließlich durch Förderschnecken und Becherwerke befördert, die sowohl auf die Vorratbunker über den Mischmaschinen wie auf die Silos

[2]) s. „Die Bautechnik“ Bd. 4 (1926) S. 187.

arbeiten können; infolgedessen sind nur wenige Mann für die Bedienung erforderlich und die auf rd. 1000 t berechneten Streuverluste und alle Staubbelästigungen fallen fort. Der fertig gemischte plastische Beton (Weichbeton) fällt in besondere 1 m³ fassende Eisenkübel mit Seitenentleerung, die auf Plattformwagen unter die Mischmaschinen geschoben und dann mit der Hand über die Kabelkrane gefahren werden.

Zwei Bleichertsche Kabelkrane, Abb. 10, mit je 2,6 t Nutzlast überspannen mit ihren Tragseilen die Baugrube in 250 m Weite. Die Kranstützen laufen auf Schienen, die parallel der Längsachse der Schleuse neben den Baugrubenrändern verlegt sind. Die Fahr- und Hubgeschwindigkeiten sind mit 320 und 80 m/min zur Erzielung großer Leistungen möglichst hoch gewählt worden. Ein Kranspiel dauert rd. 3 Minuten.

Für das Oberhaupt mit seinem Massenbetonbau wurde eine nach amerikanischem Beispiel entworfene Gußbetonanlage in der Mitte zwischen den beiden Häuptern auf der Baugrubensohle aufgestellt. Der eiserne Gießturm hat 52 m Höhe. Durch Ausleger und Flieger konnte eine Ausladung der Rinnen von 30 m erreicht werden, die durch weitere, dann besonders unterstützte Rinnen noch vergrößert werden konnte, Abb. 11. Eine besondere Mischanlage war in die Böschung eingebaut. In der Schleusenkammer wurden auf der Sohle zwei gewöhnliche Turmdrehkrane, Abb. 10, zum Versetzen der Schalungen und Eiseneinlagen und zum Einbau der maschinellen Teile usw. benutzt.

Zur Trockenhaltung der im festen Kalkmergel eingeschnittenen Baugrube, die verhältnismäßig geringen Wasserzufluß aus Gesteinspalten erhielt, war auf der 22 m tiefen Sohle am Oberhaupt und am Unterhaupt je eine Wasserhaltungsanlage eingerichtet. In jeder standen eine Kreiselpumpe von 150 mm Rohr-Dmr., unmittelbar gekuppelt mit einem 40 PS-Drehstrommotor, nebst einer gleichen Reserve für die Wasserhaltung und je eine Hochdruck-Kreiselpumpe von 80 mm Rohr-Dmr. mit einem 14 PS-Motor gekuppelt, für die Wasserversorgung der Baustelle. Die Wasserhaltungsanlage am Oberhaupt wurde beim Fortschreiten der Arbeiten am Oberhaupt entbehrlich. Die Wasserhaltungsanlage am Unterwasser erhielt später noch einen 58 PS-Dieselmotor als Reserve bei Störungen der elektrischen Versorgung.

Abb. 12
Rutschung der Baugrubenböschung an der Westecke des Unterhauptes.

Die Bauausführung

Die 22 m tiefe, 260 m lange, unten 85 m und oben 130 m breite Baugrube war von dem Erdarbeitsunternehmer der anschließenden Kanalstrecken, Dyckerhoff & Widmann A.-G., Biebrich a. Rh., mit mehreren Löffelbaggern ausgehoben worden. Diese Erdarbeiten wurden schon im Jahre 1920 begonnen und im Herbst 1923 beendet. Insgesamt mußten 600 000 m³ Boden, bestehend aus Mergel der oberen Kreide, mit Löffelbaggern, und zwar in den tieferen Schichten unter Zuhilfenahme von Vorsprengungen zur Lockerung gelöst und herausgefahren werden. Der Aushub wurde z. T. auf große Ablagerungsflächen, z. T. in eine nahegelegene ausgebeutet Mergelgrube einer Misburger Zementfabrik gebracht, w das Baggergut zur Zementfabrikation verwendet werde soll.

Der Wasserzufluß aus Mergelspalten war verhältnismäßig gering und konnte durch Rinnen, die in dem Mergel ausgehoben wurden, zu Pumpensümpfen geleitet werden, so daß stets im Trockenen gebaggert werden konnt Gegen die später gefüllten anschließenden Kanalstrecke hat man die Baugrube am Oberhaupt durch den stehen gebliebenen Straßendamm Anderten-Höver und im Unterwasser durch einen besonderen Sperrdamm abgeschlossen Der rd. 800 m lange untere Vorhafen diente während de Bauzeit als Lagerplatz, besonders für das Eisenlager un die Eisenbiegerei und Flechterei.

Für den Schleusenbau war eine vollkommen trocken Bausohle zu schaffen, da die Eiseneinlagen der Sohle und Fundamente schon im Abstande von 10 cm von de Bausohle lagen. Deshalb wurde unter der die Bausohl abgleichenden und sie so zugleich vor Verwitterung schützenden Betonschutzschicht ein Entwässerungsnet aus Betonrohren von 30 mm Dmr., die mit Schlitzrohren abwechselten, gelegt, woran die aus dem Mergelfelsen tretenden Quellen mit Entwässerungsrohren angeschlossen wurden. Standrohre im Abstand von 15 m wurden über das ganze Netz verteilt, später mit dem Bauwerk hochgeführt und dann zuletzt mit Zementmörtel vergossen.

Um die Gefahr der Bildung von Wasseradern zu verhindern, die durch die ganze Schleuse durchgehen, hatte man das Entwässerungsnetz in zwei Anlagen geteilt, die nach Ober- oder Unterwasser hin entwässern; dazwischen wurde ein unberührter 15 m breiter Bausohlenstreifen liegen gelassen. Wegen dieser Teilung waren zwei getrennte Wasserhaltungsanlagen erforderlich. Die Gesamtpumpleistung schwankte je nach der Witterung zwischen 3000 und 5000 m³/24 h. Gleichzeitig mit der Betonschutzschicht wurde zur Stützung der westlichen Baugrubenböschung, die zu Rutschungen, Abb. 12, neigte, ein Teil des Schleusenfundaments bis zu dem Notumlauf vorweg hergestellt. Diese Arbeiten waren bis Mitte Sommer 1924 vollendet und wurden ebenfalls von dem Unternehmer für Erdarbeiten ausgeführt.

Beim Bodenaushub war 1923 unter dem zweiten Speicher der Ostschleuse eine schwefelwasserstoffhaltige Wasserader angeschnitten worden, die befürchten ließ, daß der Beton, wenn auch nur in geringem Maß, angegriffen werden könnte. Deshalb wurde die Schutzschicht ganz aus Hochofen-Zementbeton und der vorweg ausgeführte Teil des Schleusenfundaments mit einer Vorsatzschicht aus Hochofen-Zementbeton hergestellt. Da weitere Grundwasseruntersuchungen aus den Pumpensümpfen keine betonschädlichen Bestandteile mehr ergaben, 21 Monate in den Reinigungsschächten gelagerte Betonwürfel und über der Quelle ausgestemmte Betonstücke keine Schädigungen aufwiesen, hat man von einer weiteren Anwendung der Schutzschicht Abstand genommen.

Im Spätsommer 1924 wurde dann die Ausführung des Schleusenbaukörpers an die Beton- und Monierbau A.-G., Berlin, zu gleitenden Preisen im Verhältnis der Lohnänderung einer Arbeitergattung vergeben. Außerdem erhielt der Unternehmer für seine sofort aufzuwendenden hohen Kosten beim Vertragsabschluß einen größeren Pauschbetrag. Sämtliche Baustoffe wurden von der Bauverwaltung geliefert

Das Bauprogramm sah, entsprechend den zur Verfügung stehenden Mitteln, im ersten Bauabschnitt die Herstellung der östlichen Schleuse, der beiden Häupter mit Straßenbrücken und des ersten Speicherpaares am Oberhaupte vor. Jedoch war die Vollendung der Ostschleuse, für die Mitte 1926 der Auftrag erteilt wurde, bereits im Vertrage vorgesehen.

Nach dem Bauplan sollte im allgemeinen nur bei Tageslicht gearbeitet werden, um die Gefahr von Ausführungsfehlern im Eisengeflecht, den Schalungen und den Mischungen möglichst zu beschränken. Die Eisenbetonarbeiten an den Speicherkammern waren nur in die Sommermonate gelegt worden, um diese empfindlichen Bauteile möglichst vor Frostschäden zu bewahren. So ergab sich eine Bauzeit von reichlich drei Jahren.

Um die günstige Witterung im Herbst 1924 noch so lange wie möglich auszunutzen und sofort mit den Betonierungsarbeiten beginnen zu können, wurde vorerst vom Schleusenbauunternehmer schnell eine behelfsmäßige Anlage hergestellt. Mit Rücksicht auf die großen Rutschungen am Unterhaupt schien trotz der längs der Westböschung hergestellten Fundamentecke die Betonierung der ganzen Fundamente und Kammersohlen im Bereiche der Rutschstelle besonders dringlich. Die Mischmaschinen wurden oben am Baugrubenrande aufgestellt. Der Beton wurde mittels Aufzuges und hölzerner Transportbrücke zur Verwendungstelle gefahren. Infolgedessen konnten bei der milden Witterung bis Weihnachten 1924 mit dieser Anlage rd. 14000 m³ Beton hergestellt und in die Sohle des Unterhauptes und eines Teiles der Vorsohle, in die Sohlen zwischen die ersten beiden Speicher und in die Fundamente des ersten Außen- und Mittelspeichers eingebaut werden.

Abb. 13
Betonierungsarbeiten für die Gründungen der Ostschleuse bei Anderten mit Gußrinnen vom Baugrubenrand aus.

Bei der Wiederaufnahme der Bauarbeiten im Frühjahr 1925 kamen die Betonfabrik und die Kabelkrane in Betrieb, Abb. 10, zu denen dann noch später die Gußbetonanlage am Oberhaupt, Abb. 11, trat, so daß die Betonierungsarbeiten kräftig gefördert wurden. Die Kabelkrane leisteten anfänglich zusammen 260 m³/8 h, später gut das Doppelte, die Gußbetonanlage 180 m³/8 h.

Entgegen dem ursprünglichen Plan wurde die betriebsfertige Herstellung der Westschleuse vom Sommer 1928 schon auf das Frühjahr 1928 festgesetzt. Gleichzeitig wurde der Auftrag erteilt, auch den Bau der Ostschleuse in Angriff zu nehmen, um die umfangreiche Baustelleneinrichtung voll auszunutzen und die hohen Kosten einer erneuten Einrichtung bei späterem Bau sowie die Unterhaltung der zu starker Verwitterung neigenden Baugrubenböschung zu ersparen.

Infolge der großen Tiefe der Baustelle hat man die Betonierungseinrichtung dadurch verstärkt, daß am oberen Böschungsrande Trichter mit abgestützten und aufgehängten Rinnen, Abb. 13, in so großer Neigung anbracht wurden, daß der plastische Beton ohne vermehrten Wasserzusatz den Verwendungsstellen auf der Sohle und den Speicherfundamenten zugeführt werden konnte.

Für die Dichtung der Fugen zwischen den einzelnen Speichern und zwischen ihnen und den anschließenden Häuptern sowie den beiden eingespannten Kammersohlenabschnitten und den anschließenden Fundamenten waren zuerst Eisenbetonbalken mit 20×40 cm² Querschnitt mit Bitumenplattenumhüllung in Falzen vorgesehen, wozu später an den Fugen Bleipappestreifen traten, um ein Herauspressen der Bitumenmasse zu verhindern.

Es zeigte sich aber, besonders in der heißen Jahreszeit, daß die Bitumenplatten, solange die Dichtung noch nicht allseitig von Beton umhüllt war, ihre Form nicht behielten und ausflossen. Auch das nachträgliche Vergießen zeigte sich als unausführbar. Ebensowenig bewährte sich das Einbringen der Betonbalken und umhüllender Bitumenplatten erst bei Betonierung des zweiten anschließenden Bauteils unter Verwendung von Formsteinen.

Infolgedessen hat man die Fugen wie an den Schleusen des Rhein-Herne-Kanals durch 28 cm breite und 3 mm dicke Bleiplatten geschlossen, die mit Bitumen umhüllt sind. Die Bleiplatten sind in Längen von 3 m fertig umhüllt angeliefert und an den Stößen verlötet worden. Diese wurden durch Bitumenplatten abgedeckt. Die freistehende Hälfte schützte man bis zur Betonierung des anschließenden Bauteils durch Holzlatten.

Auch die ursprünglich vorgesehene Dichtung der Dehnungsfugen der Fundamente auf der Baugrubensohle, an den Außenfugen zwischen Oberhaupt und Speichern, an den Böschungsfüßen und an der Wandung der Sickerkanäle mit einem Teerstrich und darübergelegten zwei bis drei Bleipappestreifen wurde in eine 0,3 m breite Bitumenplatte mit eingelegten Bleistreifen abgeändert, um größere Nachgiebigkeit bei ungleichem Setzen zu erzielen.

Die Dichtung der Umläufe an den Dehnungsfugen war zuerst durch drei rundherum reichende Bleipappestreifen in einem einen Stein tiefen 0,92 m breiten Falz vorgesehen, der durch Klinkermauerwerk geschlossen wurde. Später wurde die Fuge durch einen Hanfstrick, eine 2 cm dicke Bitumenplatte und einen 0,4 m breiten Mauerwerkring geschlossen, neben dem ein keilförmiger Ring zur Erleichterung des Mauerns ausgespart und durch Torkretierung geschlossen wurde.

Die Strebenfachwerke in den Mittelspeichern haben den 15 m hohen Wasserdruck und in den Außenspeichern auch den Erddruck der Hinterfüllung aufzunehmen und in die Fundamente abzuleiten. Die Eisenbewehrung muß dementsprechend stark sein, zumal die Betonquerschnitte

der Stützen und Streben nicht übermäßig viel Raum einnehmen dürfen und möglichst weit durchreichen, um Stöße der Eisen zu vermeiden. In den Stützen wurde daher ein Teil der Rundeisen durch Winkeleisenstränge ersetzt, die gleichzeitig als Montagegerüste den Eiseneinlagen des Strebenfachwerkes dienen konnten, Abb. 14, so daß die Baustelle nicht durch Hilfsgerüste eingeengt wurde. Die Eiseneinlagen der Wände, Decken und Unterzüge wurden dann jeweils für ein Stockwerk dazwischengeflochten.

Nach dem ersten Arbeitsplan sollten mit Rücksicht auf das schwierige Betonieren die Decken einschließlich Unterzüge, die Umfassungswände auf Stockwerkhöhe und die Stützen und Streben mit Mittelquermauern in jedem Speicherstockwerk getrennt in je einer Schicht betoniert werden. Die Leistungsfähigkeit der beiden Kabelkrane zusammen ermöglichte jedoch, daß ein gesamtes Speicherstockwerk rd. 550 m³ in den unteren und rd. 500 m³ in den oberen, im Mittel in 8 bis 8,5 h betoniert wurde.

Abb. 14. Eisengerippe der Strebenfachwerke für die Ostschleuse.

Die Eisenflechterei- und Schalungsarbeiten wurden so gefördert, daß in je zwei Wochen drei Speicherstockwerke betoniert werden konnten. In den Zwischenzeiten hat man andere Bauteile betoniert. Die Speicher erhielten einen Torkretputz unmittelbar auf dem Beton, nachdem sich ein Versuch mit dem Putzen auf einem Drahtnetz nicht bewährt hatte.

Der reichliche Zufluß einwandfreien Wassers zur Wasserhaltungsanlage am Oberhaupt ermöglichte die Anlage eines Brunnens für die Wasserversorgung der Schleuse, der Dienstgebäude und der Schiffe mit Gebrauchswasser. Der Brunnen ist fertiggestellt und sorgfältig mit Ton gedichtet. Sobald die Sickergalerie auf der Westseite fertiggestellt war, wurde der Brunnen hierher angeschlossen. Die Pumparbeiten am Oberhaupt konnten eingestellt werden, sobald die Pumpe für die Wasserversorgung eingebaut und in Betrieb genommen war.

[B 1477]

Der Holland-Tunnel unter dem Hudson

Verkehrsdichte

1920 betrug die Gesamtbevölkerung von Groß-New York 8 Mill. Einwohner, wovon 2,3 Mill. auf der Manhattan-Insel wohnten, die ursprünglich allein die Stadt New York bildete. Diese Insel ist 20 km lang und 4 km breit. Der Hudson, der die Manhattan-Insel von New Yersey trennt, hat in der Nähe der Kanalstraße eine Breite von 1525 m zwischen den Uferlinien und rd. 980 m zwischen den Streichlinien der Landungsstege. Die Tiefe beträgt dort 9,15 m. Vor der Eröffnung des Holland-Tunnels[1]) wickelte sich der Verkehr über den Hudson mittels acht eingleisiger Eisenbahn- und Straßenbahntunnel mit elektrischem Betrieb ab und für Fußgänger und Fahrzeuge mittels Dampffähren und Leichter. Die erste Brücke in nächster Nähe wird gegenwärtig bei Fort Washington am Nordende der Manhattan-Insel als Hängebrücke mit 1067 m Spannweite gebaut[2]).

Dem rasch anwachsenden Kraftwagenverkehr genügte der Fährbetrieb nicht mehr; die Fahrzeuge mußten, besonders an Sonn- und Feiertagen, mehrere Stunden auf das Übersetzen warten, so daß auf Vorschlag des damaligen Oberingenieurs Clifford M. Holland im Januar 1920 der Bau von zwei Tunneln mit kreisförmigem Querschnitt für Richtungsbetrieb und je zwei Verkehrsbreiten beschlossen wurde. Die beiden Tunnelröhren mit etwa 20 m Achsabstand haben je 9 m Außendurchmesser, so daß für die zwei Verkehrsbreiten Fahrbahnen von zusammen 6,10 m zur Verfügung stehen. Man schätzte den jährlichen Verkehr beider Tunnel auf 15 Mill. Fahrzeuge in beiden Richtungen. Den Anfangsverkehr schätzte man auf 5,6 Mill. Fahrzeuge. Der volle Verkehr soll 1937 erreicht werden, 1943 wird man wahrscheinlich einen Verkehr von 22,3 Mill. Fahrzeugen zu bewältigen haben, wofür der bisherige Fährverkehr bestehen bleiben soll.

Die Kosten für Tilgung und Verzinsung werden durch Tunnelzölle gedeckt. Der Tunnel beginnt und endigt im Schwerpunkte des Verkehrs der Unterstadt in der Nähe der Kanalstraße, die Tiefe wurde so gering wie möglich entsprechend den Vorschriften des Kriegsministeriums festgelegt, Abb. 1 und 2.

[1]) Nach Frank W. Skinner, „Engineering" Bd. 124 (1927) S. 601.
[2]) Vergl. VDI-Nachr. vom 18. April 1928.

Bodenverhältnisse

Unter dem Flußbett befinden sich 1,5 bis 6 m hohe halbflüssige Schlickschichten, darunter das Flußgeschiebe, das hauptsächlich aus Ton mit einem beträchtlichen Gehalt an feinem Quarzsand besteht, und darunter Felsboden. Pfähle dringen durch ihr Eigengewicht mit Leichtigkeit 6 bis 10 m tief in das Flußbett ein. Schädliche Säuren wurden weder im Flußwasser noch im Untergrund gefunden.

Lüftung

Da die Fahrzeuge sich durch eigene Kraft im Tunnel bewegen sollen, mußte die Lüftung besonders sorgfältig eingerichtet werden. Je vier Lüftschächte sind vorhanden. Die Frischluft wird durch einen Kanal unterhalb des Straßenbettes zugeführt und etwas oberhalb des Rinnsteins in den Tunnel hineingedrückt, während die Abluft in einem gesonderten Kanal oberhalb des eigentlichen Verkehrsraumes im oberen Kreissegment abgeführt wird. Die Frischluft steigt also überall senkrecht in die Höhe, vermischt sich mit den Auspuffgasen der Kraftwagen und wird nach oben abgesogen, so daß in der Längsrichtung des Tunnels keine Windbewegung vorhanden ist. Es findet in der Stunde ein 42facher Luftwechsel statt, Abb. 3 bis 5.

Untersuchungen bei der Tunneleröffnung zeigten, daß der Gehalt an Kohlenoxyd 0,1 bis 0,2 vT betrug, während im Entwurf der Höchstwert mit 0,4 vT festgesetzt worden war. Hätte man die Belüftung in der Längsrichtung des Tunnels angeordnet, so würde sich eine Luftgeschwindigkeit von 32 m/s eingestellt haben. In Bruceton, Pa., hat man einen Modelltunnel gebaut und 45 m unter der Erde die Lüftungsversuche durchgeführt. Der Tunnel war i. L. 2,50 m breit, 2,75 m hoch; die Frischluft kam von unten, die Abluft strömte nach oben. Etwa 100 Kraftwagen wurden unter verschiedenen Geschwindigkeiten, beladen und unbeladen, auf der Wagerechten und im Gefälle, in Gruppen von 1 bis 8 Fahrzeugen, bei Geschwindigkeiten bis zu 24 km/h beobachtet, wobei an verschiedenen Stellen Gasanalysen genommen wurden. Stundenlange physiologische Untersuchungen an den Mitgliedern der Studienkommission und an Tieren wur-

Abb. 1 und **2**
Tunnellängsschnitt und Lageplan.

den zur Feststellung der unschädlichen Kohlenoxydmengen durchgeführt.

Da die Gesamtlänge des Tunnels 2820 m beträgt, hat man mit 9,5 min Durchfahrzeit gerechnet, jedoch sicherheitshalber 45 min zugrundegelegt. Der weiteste Abstand der inneren Lüftungsschächte beträgt 1038 m in der Nähe der Streichlinien der Landungsstege. Dort arbeiten 42 Drucklüfter von 1,80 bis 2,45 m Dmr. und 42 Sauglüfter. Jeder Satz fördert 105 000 m³/min. Von diesen 84 Lüftern stehen 28 in Reserve. Sie verbrauchen insgesamt 4240 PS in Motoren von 25 bis 200 PS, die die Lüfter mittels Ketten antreiben. Die Abluft der Sauglüfter wird durch hohe Schornsteine abgeführt. Nachdem man schon 420 000 ℳ für Vorversuche ausgegeben hatte, kostete die Lüftungsanlage noch 2 394 000 ℳ, wobei auch noch Vorversuche über Luftwiderstand und Reibung in Betonrohren gemacht wurden. Da der Bedarf an Frischluft innerhalb 24 h Schwankungen von 600 vH aufweist, arbeiten die Lüfter mit drei Geschwindigkeitsstufen, und Gruppen bis zu drei Einheiten sind gekuppelt. Der elektrische Strom allein kostet im Jahr 1 470 000 ℳ.

Elektrische Einrichtungen.

Der Tunnel wird mittels einzelner Lampen in Abständen von 6 m beleuchtet. In den Tunnelsümpfen befinden sich elektrische Pumpanlagen mit selbsttätigen Feueralarmeinrichtungen für den Fall, daß Betriebstoffe, die in die Abwässer geraten sind, brennen sollten. In Abständen von 73 m sind rote und grüne Signallichter und Telephonverbindungen an diesen Überwachungsstellen angebracht. Um jede Störung auszuschließen, liefern vier verschiedene Quellen den elektrischen Strom. Der Strom wird von 13 000 V auf 2300 und 440 V umgespannt. Die elektrische Ausrüstung kostete 14,7 Mill. ℳ.

Bauliche Einzelheiten

Dem Ingenieurbeirat gehörten bis zu 180 Mitglieder an. Er begann mit seinen Arbeiten am 1. Juli 1919. Die Grundsteinlegung war am 12. Oktober 1920. Am 29. Oktober 1924 und am 7. Dezember 1924 wurden die Tunnel durchgeschlagen.

Die größte Tiefe der Fahrbahn unter dem mittleren Hochwasser beträgt 28,4 m, die größte Steigung 3,84 vH, das größte Gefälle 4,03 vH. Es wurden 115 000 t gußeiserne Tunnelringe und 100 000 m³ Beton eingebracht, die Gebäude nicht eingerechnet. Der Tunnel ist dem Durchmesser nach der zweitgrößte der Welt. Wegen der Lüftung mußte er auf einer Länge von 244 m auf 9,25 m Dmr. erweitert werden. In diesem Teilstück übertrifft er den Rotherhithe-

Abb. 4 und **5**
Schnitte durch die Lüftschächte.

Abb. 3
Längsschnitt durch die Belüftungsanlage.

Abb. 6 bis **8.** Gußeiserne Ringteile.

Abb. 9 und **10.** New Yorker Streichlinienschacht.

Abb. 11 (unten). Längsschnitt durch die Arbeitskammer.

Abb. 12
Schwenkarm zum Einsetzen der Ringteile.

Abb. 13
Verschrauben und Betonieren.

Abb. 14
Schleusen.

Abb. 15
Schild kurz vor dem Vortrieb.

Abb. 16
Schild bei äußerstem Vorschub.

Abb. 17
Beginn des Bodenaushubes.

Abb. 18
Der Bodenaushub für den nächsten Vortrieb ist mit Ausnahme der Verpackung vor der Haube fertiggestellt.

Tunnel unter der Themse in London, der bisher der größte Unterwassertunnel war, um 10 cm im Durchmesser.

Die gußeisernen Ringe bestehen aus Teilen von 76 cm Länge. Jeder Ring ist, Abb. 6 bis 8, aus 14 Segmenten und einem Paßstück von 31 cm Breite zusammengesetzt. Diese Teile sind durch Bolzen miteinander verbunden. Das Gewicht beträgt 104 t für den laufenden Meter. Die Außenwand ist 47,6 mm dick, während die radial gerichteten Flanschen 356 mm hoch und 54 mm dick sind. Die Bolzen haben 41 mm Dmr. Man hat für die Bolzen hochwertigen Stahl verwendet und dadurch 4350 t Eisen gespart, die 1 890 000 ℳ gekostet hätten! Zur besseren Abdichtung, die durch Verstemmen mit Bleidraht erfolgte, bekamen die Bolzen eine Vorspannung von 1725 kg/cm². In der Strecke des größeren Durchmessers bestehen die Ringe aus Gußstahl. Der Tunnel ist innen mit 30 cm dicker Betonschicht ausgekleidet. Auf den Rampen ist der Kreisquerschnitt in einen rechteckigen Querschnitt übergeführt.

Man hat den Tunnel mit Schildvortrieb gebaut, wobei 305 m durch Felsen gingen. Die Annahmen für die Berechnung der Drucklinie betrugen: 11,6 m Wassersäule, 9,45 m Schlick von 1,62 t/m³, 2,8 at innerer Überdruck in der Tunnelröhre. Entgegen der Rankineschen Theorie wurde mit Reibung an den Berührungsflächen gerechnet.

Zunächst senkte man die Lüftungsschächte als Druckluftkasten mit verlorener Arbeitskammer ab. An der Streichlinie sind die Schächte 1038 m voneinander entfernt, während der Abstand zwischen den landseitigen Schächten 1983 m beträgt. Der Streichlinienschacht auf der New Yorker Seite diente gleichzeitig beiden Tunneln, er ist 11,38 m lang, 28,4 m breit und 34 m hoch. Die Schächte auf der Landseite sind 13,1 m lang, 14,35 m breit und 15,9 bis 21,4 m hoch, einschließlich einer 1,20 m hohen Brustwehr. Die Wände bestehen außen und innen aus Stahlkonstruktionen, zwischen denen in 1,80 m Dicke Beton eingestampft ist.

Von der New Yorker Seite hat man zwei Schilde gegen Westen und von der New Jerseyer Seite vier Schilde nach Osten und nach Westen vorgetrieben. Die vier Schilde unter dem Fluß gingen verloren, nachdem die Ausrüstung entfernt worden war, während die beiden Landschilde auf der Seite nach New Jersey wiedergewonnen wurden. Die Schächte erhielten als unteren Abschluß auf einer 15 cm dicken Betonschicht eine vierfache Asphaltfilzplatten-Dichtungsschicht, worauf die Eisenbetontragplatte aufgebracht wurde. Dann wurden die Schilde auf der Sohle zusammengebaut, vorübergehend eine wagerechte Abschlußwand geschaffen, die darunter befindliche Kammer unter Druckluft gesetzt, worauf das Tunnelloch aus den Stahlwänden durch Brenner herausgeschnitten wurde.

Der Streichlinienschacht auf der New Yorker Seite kam nach 21 m Absenkung auf Fels, für die weitere Absenkung wurden 10 Bohrmaschinen benutzt, Abb. 9 und 10. In der Kammer wurde bei 2 at Überdruck gearbeitet. Bei 14 724 Arbeitsgängen gab es nur 8 Erkrankungen durch Druckluft. Man war imstande, jeden Tag im Schlick 2,28 m, im Sand 1,89 m und im Fels 0,76 m abzusenken. An der Streichlinie von New Jersey wurden zwei Schächte von 15,4 m Breite bei 11,4 m Länge und 34 m Höhe abgesenkt. Da der Felsboden erst 76,3 m unter Mittelhochwasser (MHW) liegt, führte man von 32,50 m unter MHW bis zum Fels für jeden Schacht 42 Eisenbetonpfähle mit Stahlrohrmantel hinab. Zu diesem Zweck errichtete man zwei zweideckige Werkplattformen von je 15,25 m bei 30,5 m Grundriß auf Holzpfählen, mit Verbindungsbrücken zum Ufer.

Es wurden zunächst 76,3 m Stahlrohr von 607 mm Dmr. zum Fels hinuntergetrieben; die Rohrwände waren 19 mm dick, die Rohrstücke 6,10 m lang, wurden wasserdicht zusammengeschraubt und für 3,5 at Überdruck geprüft. 33,6 m unter MHW wurde der obere Teil des Stahlrohres nachher mit einer elektrischen Säge abgeschnitten und wieder verwendet. Vorher war der Boden gelöst worden, dann wurde durch ein Rohr von 76 mm Dmr. Wasser hineingepumpt, bis klares Wasser oben herauslief. Ein 2,44 m hoher Betonpfropfen diente als unterer Abschluß, worauf das Rohr ausgepumpt wurde. Die Eisenbewehrung bestand aus sechs 28 mm-Quadrateisen und war 45,8 m lang. Der Beton wurde in einem besonderen Kübel von 2,44 m Länge und 35,6 cm Dmr. eingebracht und durch ein Bodenventil entleert. Nach dem Abschneiden der Pfähle wurden die Schächte auf diese hinabgesenkt und die Pfähle in die Sohle eingebunden. Bei 12 538 Arbeitsgängen gab es hier 25 Druckluftkranke.

Bei den New Yorker Landschächten wurde der Erdaushub zum Beschweren der Druckluftkasten verwendet, um die Oberflächenreibung, die 33,8 kg/m² betrug, zu überwinden. Der Kasten in der Spring Street wog z. B. 5000 t. Er wurde in 18 Tagen 15,5 m tief abgesenkt. Die Arbeitsgruppen bestanden in der Regel aus 20 Mann, und zwar arbeiteten unorganisierte Arbeiter in Schichten von 6 bis 8 h. Die Luftschleusen waren groß genug, um die ganze Kolonne auf einmal zu schleusen. Von den hier verarbeiteten 4740 m³ Beton in Mischung 1 : 2 : 4 mußten 560 m³ durch die Luftschleuse befördert werden. Die Kompressoren leisteten 795 m³/min bei 3,5 at Überdruck und 96 m³/min bei 8,85 at Überdruck. Die Hauptrohrleitungen waren miteinander verbunden.

Ferner waren für den Schildvortrieb hydraulische Pumpen für Drücke bis zu 422 at vorhanden. Die Schilde, Abb. 11 bis 18, hatten 9,20 m Dmr. bei 5,74 m Länge, die Haube im First stand 76 cm vor, während der Schwanz an der Sohle 2,5 m vor den Tunnelring ragte. Der Schild erhielt lotrechte und wagerechte Trennwände, so daß 19 Arbeitskammern untergebracht waren. Ein Schild mit voller Ausrüstung wog 400 t und wurde durch 30 Druckwasserpressen mit insgesamt 6000 t Höchstdruck vorwärtsgetrieben. Fünf Pressen standen immer miteinander in Verbindung. Zur Beleuchtung waren 60 elektrische Lampen, sowie Scheinwerfer oben und unten vorgesehen, und bei Sprengungen wurde der Strom abgeschaltet. Mittels eines Schwenkarms setzte man die Ringsegmente von je 1,5 t Gewicht ein. Ferner war eine Plattform zum Verbolzen vorgesehen. Die Hochdruckleitung hatte 152 mm Dmr., die Niederdruckleitung 305 mm Dmr., die Druckwasserleitung 38 mm Dmr. und die Feuerlöschleitung 152 mm Dmr. Telephonverbindung war vorhanden. Für die elektrischen Lokomotiven waren zwei Fahrdrähte bis in die Nähe der Schilde verlegt, von dort fuhren die Lokomotiven mit einem Schleppkabel, das sich in der Lokomotive selbst aufrollte. Zwei Gleise von 91,5 cm Spurweite dienten der Anfuhr der Werkstoffe.

Der Boden wurde in der Hauptsache mit Hacke und Schaufel gelöst, zur Beförderung diente außerdem ein Greifbagger, der am Untergurt eines I-Trägers lief. Die Personenschleusen hatten 1,83 m Dmr.; sie genügten, um die Arbeitsgruppen von 20 Mann auf einmal zu fördern, die Baustoffschleusen hatten 2,44 m Dmr. Eine Winde von 20 PS Leistung zog die Wagen aus der Baustoffschleuse heraus. Die Betonabschlußwand war 3,66 m dick; beim Tunnelvortrieb wurden Abschlußwände in 61 m Abstand angeordnet.

Bei dem sehr weichen Untergrund auf der New Jerseyer Seite schuf man unter dem Schild ein Betonbett. Man mußte sich dort durch einen alten Pfahlrost mit eingefüllten Felsbrocken durcharbeiten, wobei Luftverluste von 1133 m³/min eintraten. Auf der New Yorker Streichlinienseite grub man die Pfähle vor der Haube nach Möglichkeit aus und schnitt sie ab. Man dämmte z. T. den Schlick durch Tonringe um die Haube ab. Auch war man genötigt, vor dem Schild den Schlick durch Holzbrustwehren ganz abzudämmen, ließ ihn von unten in den Tunnel hineinfließen, um ihn von dort zu entfernen; oder man drängte ihn einfach seitlich ab. Durch den Auftrieb ging der Tunnel hoch, während der Schild sich senken wollte; jedoch in einer Entfernung von etwa 70 m vom Schacht blieb der Tunnel dann fest liegen.

Auf der Seite von New Jersey half man sich gegen den Auftrieb durch Aufstapeln des Aushubes im Tunnel. Man war in der Lage, 4,9 m in 24 h vorzutreiben. In der Nähe der Schächte mußte zur Überwindung der Bodenzusammenpressung Aushubmasse durch Löcher in den Schacht abgelassen werden. Mit steigendem Druck verringerten sich die Arbeitszeiten auf 45 min für eine Schicht. Es wurden täglich 20 Schichten gefahren, wobei jeder Mann zwei Schichten mit vierstündiger Zwischenpause erledigen mußte. Ärzte untersuchten die Tunnelmannschaften vor Beginn der Arbeiten und ferner alle 60 Tage. Im Durchschnitt hatte man im Tunnel 2,5 at Überdruck, während man im Schacht bis auf 3,3 at ging. Für die Gesamtausführung waren 718 383 Arbeitsgänge unter Druckluft auszuführen, in der Zeit vom Oktober 1922 bis März 1925 traten insgesamt 528 Drucklufterkrankungen ohne Todesfall auf.

Bei den Teilen, die im Sand und im Fels lagen, hat man zwischen dem Schwanz des Schildes und dem Gußeisenring Beton in Mischung 1 : 1 durch Löcher eingepreßt; die Löcher wurden durch Stift-Schrauben verschlossen. Beim Untergrundbahnquerschnitt unter der Kanalstraße arbeitete man mit rd. 1 at Überdruck im Schildvortrieb, dort wurden erhebliche Fließsandmengen vorgefunden. Der Untergrundbahnquerschnitt war 13,10 m breit, 9,46 m hoch, die größte Tiefe betrug 11,58 m unter der Straße oder 9,15 m unter MHW (= Grundwasserspiegel), da das Grundwasser 2,43 m unter der Straße lag.

Beim offenen Einschnitt störten Fließsandschichten, ein 100 Jahre alter Abflußkanal aus Ziegelgewölbe mit 4,88 m lichter Weite und sehr dichte Sandschichten, die eine Absenkung des Grundwassers verhinderten, so daß Pumpensümpfe angelegt werden mußten. Stählerne Spundwände wurden verwendet, und an einer Stelle, wo man etwa 12 m schräg unter einem Haus hindurch mußte, übertrug man den Fundamentdruck mittels 6,10 m hoher Betonwände auf Pfahlroste.

Die Tunnelringe wurden in voller Größe in der Lehigh-University untersucht, dabei war ein Zerquetschen der Gußstahlteile mit den vorhandenen Einrichtungen nicht zu erreichen. 35 000 m³ Beton wurden in einer Mischung 1 : 2 : 4 für die Betonhülle des Tunnels und 7650 m³ Beton für Boden und Decken unten in den Streichlinienschächten hergestellt. Am Fluß befanden sich Bunker für etwa 300 m³ Kies und etwa 200 m³ Sand, die unter eigenem Gewicht den Verbrauchstellen zuflossen.

Das Gewölbe der Tunnelhülle ist nach 20 h, die Decke nach 6 Tagen ausgeschalt worden. Die Betonoberflächen hat man nach Möglichkeit glatt gehalten, sie sind mit 32 600 m² Kacheln, die 70 vH Licht zurückwerfen, verkleidet. Die Fahrbahndecke besteht aus 13 cm hohem Granitpflaster auf 2,5 cm dicker Betonschicht in einer Mischung 1 : 3, mit 1 cm breiten senkrechten Fugen, die mit Asphalt-Sand-Gemisch gefüllt sind. Die Gesamtbaukosten des Tunnels, der am 12. November 1927 eröffnet wurde, belaufen sich auf 201,6 Mill. *RM*. [M 1570]

Berlin Dipl.-Ing. J. Rosenthal

Abdampfturbinen auf britischen Schiffen

Vor kurzem hat die Probefahrt des Dampfers „Boniface“, des ersten englischen, der mit einer Abdampfturbinenanlage, Bauart Bauer-Wach[1]), ausgerüstet ist, stattgefunden. Bei zwei sechsstündigen Erprobungen leistete das Schiff ohne die Abdampfturbine 2953 PS_e bei 77,8 U/min, mit Abdampfturbine 3000 PS_e bei 78,7 U/min, wobei der Dampfverbrauch um 24,5 vH kleiner war, ein Ergebnis, das den Erfahrungen auf deutschen Schiffen entspricht. Zwei weitere englische Frachtdampfer mit 4200 und 3000 PS_e werden z. Z. mit Abdampfturbinenanlagen versehen. Außerdem erhält der Fracht- und Fahrgastdampfer „Britannia“ der erst 1925 mit einer Vierfachexpansionsmaschine von 4800 PS erbaut wurde, eine Abdampfturbinenanlage. Bei dieser Maschine rechnet man mit geringerer Brennstoffersparnis durch die Zusatzturbine als bei Dreifachexpansionsmaschinen. Da das Schiff Ölfeuerung hat, ist aber auch diese Ersparnis für seine Gesamtwirtschaftlichkeit erheblich.

Die Turbinenfabrik von Parsons hat sich ebenfalls entschlossen, Maschinenanlagen zu bauen, bei denen Kolbendampfmaschinen und Abdampfturbinen dieselbe Welle treiben. Die Abdampfturbine erhält den Dampf mit rd. 0,55 at aus der Kolbendampfmaschine. Die Turbine treibt, wie bei den deutschen Anlagen, über ein Zahnrädervorgelege die Schraubenwelle des Schiffes; zwischen Kolbendampfmaschine und Getriebe ist eine nachgiebige Kupplung vorgesehen, eine Reibkupplung, deren Platten durch Federn aneinandergedrückt werden. Die Spannung der Federn ist regelbar, so daß die Kupplung nur bei beträchtlicher Überlastung gleitet. Im Gegensatz zur deutschen Ausführung wird die Turbine beim Umsteuern nicht abgeschaltet, sondern nur der Abdampf der Kolbenmaschine über ein Umschaltventil unmittelbar zum Kondensator geführt. Die Umsteuervorrichtung der Kolbenmaschine betätigt das Umschaltventil, die in Luftleere laufende Turbine wird mit der Kolbenmaschine umgesteuert, ohne daß sich übermäßige Beanspruchungen im Getriebe bemerkbar machen. [N 1964] C.

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 181.

Berichtigung

Drucksauerstoff- und Druckstickstoff-Anlagen für kleine Leistungen

In Z. Bd. 71 (1927) Nr. 30 S. 1059 muß es, damit Unklarheiten vermieden werden, im Abschnitt „Rechnerische Grundlagen“ besser heißen: „Sind Druck und Temperatur eines Flüssigkeits-Dampfgemisches, das aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, gegeben, so gelten für die Berechnung der Konzentrationen bei 5 at folgende Näherungsgleichungen“ und ferner r. Sp. Z. 3 von unten: „In Abb. 1 sind die Isobaren für 1 at und 5 at aufgezeichnet.“ [N 2072]

Herstellung und Verwendung des Emails

Von Ing. H. Neugebauer, Berlin

Die Herstellung des Glasflusses und das Überziehen mit Glasfluß werden an der Hand des Arbeitsganges eines Emaillierwerkes besprochen. Beschreibung üblicher und neuerer Schmelz- und Brennöfen und der Arbeitsverfahren bei Blechemaillierung, Gußemaillierung und Dekoremail.

Das Email wurde in Deutschland um die Mitte des 17. Jahrhunderts erfunden. Im Eisenwerk Lauchhammer wurden die ersten erfolgreichen Versuche, gußeiserne Töpfe mit Glasfluß zu überziehen, gemacht. Später ging man dazu über, das schwere Gußeisen durch das dünnere Blech zu ersetzen und dies zu emaillieren. Die gußeisernen Geschirre sind aber noch heute im Handel, und es befassen sich bedeutende Werke ausschließlich mit Herstellung von gußemaillierten Gegenständen, wie Bratpfannen, Töpfen, Badewannen, Wasserspülkästen, Fleischereiartikel u. a. In Deutschland gibt es allein über 200 Emaillierwerke, deren tägliche Erzeugung zwischen 2000 und 12 000 kg Waren schwankt.

Das Email selbst ist eine Art Glas, ein Gemisch von Silikaten und Boraten. Diese kieselsauren und borsauren Salze unterscheiden sich chemisch nach der Base, an welche die Kieselsäure oder die Borsäure gebunden ist, und nach dem Säuregehalt.

Herstellung des Glasflusses

Bei der Auswahl der Bestandteile muß die Bedingung beachtet werden, daß der Schmelzpunkt des Glasflusses tiefer liegen muß als der des zu emaillierenden Metalles. Die Hauptbestandteile des Emails sind Feldspat, Borax, Kobalt- und Nickeloxyd. Kobalt- und Nickeloxyd werden nur für den ersten Auftrag, den sogenannten Grundauftrag, der die innige Verbindung zwischen Metall und Glasfluß bezweckt, verwendet. Von den oben erwähnten Chemikalien wird nun eine Mischung von 100 kg und mehr, je nach Größe des Schmelzofens, zusammengestellt und gut durchgearbeitet. Diese Mischung, auch Versatz genannt, wird in den Ofen gebracht und bei einer Temperatur von 1300 bis 1400° eingeschmolzen. Die Wannenschmelzöfen, Abb. 1 und 2, sind so eingerichtet, daß die Gase über dem Gemisch hinwegstreichen und dieses zum Schmelzen bringen; bei diesem Ofen ist für zwei Wannen eine gemeinschaftliche Feuerung vorgesehen. Die Abgase werden in einem Rekuperator für die Vorwärmung der Verbrennungsluft nutzbar gemacht. Das geschmolzene Gemisch ist ein dickflüssiger Brei, der durch einen Auslauf im Ofen in einen Wasserbehälter abgelassen wird. Bei dem plötzlichen Abschrecken granuliert die Masse, die dann mit Fritte bezeichnet wird.

Einen Emailschmelzofen mit Ölfeuerung zeigen Abb. 3 bis 5. Der Ofen wird durch einen Elektromotor

RZ 1190 Z 1 u 2

Abb. 1 und 2
Doppelwannen-Schmelzofen mit Halbgasfeuerung der Vereinigten Großalmeroder Thonwerke, A.-G.

langsam gedreht, so daß das Gemisch auch während des Schmelzvorganges gut durchgemischt wird. Die in einem Ölofen gewonnene Fritte ist sehr rein. Eine saubere Fritte ist von großer Bedeutung für die Verwendung des Emails.

Während des Schmelzvorganges, der bei einer 100 kg-Mischung ungefähr 1 h dauert, geht ein Teil der Chemikalien, bis zu 20 vH, durch Abbrand verloren. Der Anteil des Abbrandes läßt sich genau berechnen. Die Abbrandzahlen betragen für Borax 0,472, für Natronsalpeter 0,635 und für kalzinierte Soda 0,115. Bei einem Versatz von 32 vH Feldspat, 25 vH Borax, 22 vH Quarz, 15 vH Kryolith, 4 vH Soda und 2 vH Salpeter beträgt der Abbrand an Borax $25 \times 0,472 = 11,8$ vH, an Soda $4 \times 0,115 = 0,46$ vH und an Salpeter $2 \times 0,635 = 1,27$ vH, also der gesamte Abbrand 13,53 vH.

Die gewonnene Fritte wird nun auf einer Trommelmühle, Abb. 6 und 7, fein gemahlen. Die Trommelmühle ist mit gutem Porzellanfutter ausgemauert. Bei einem Mahlgut von 100 kg braucht man rd. 1 PS, und das Mahlen dauert ungefähr 12 bis 14 h. Als Mahlkugeln werden hauptsächlich Flintsteine benutzt. Der durch Abnutzung entstehende Verlust beträgt für die Arbeitswoche rd. 1 vH. Der Verlust muß durch öfteres Nachwiegen genau bestimmt und etwa allmonatlich ergänzt werden. Auf 100 kg Fritte für Weißemail rechnet man rd. 40 bis 50 kg Flintsteine. Außerdem müssen der Mahlung noch rd. 45 l Wasser, 6 kg Ton und 4 bis 6 kg Zinnoxyd oder der entsprechende Zusatz von Ersatztrübemitteln wie Leukonin, Terra u. a. zugegeben werden.

Blechemaillierung

Bevor man das in der Trommelmühle feingemahlene Auftragemail verarbeitet, ist es vorteilhaft, dieses mindestens 24 h stehen zu lassen. Nachdem das Email genügend abgestanden ist, schöpft man das angesammelte

Abb. 3
Umlaufender Emailschmelzofen mit Ölfeuerung, Bauart Dr. Schmitz & Co., Barmen.

a Schmelztrommel
b Brenner
c Brennstoffleitung
d Windleitung
e Leitung für Abgase

Abb. 4 und 5
Betriebsordnung zweier Emailschmelzöfen, Bauart Dr. Schmitz & Co., Barmen.

f Schneckengetriebe
g Antriebmotor
h Handantrieb, auch zum Einstellen der Auslauföffnung
i Klauenkupplung

Abb. 6
Trommelmühle von J. Rohrbach, G. m. b. H., Katzhütte.
a Auslauf- und Einfüllöffnung *b* Handschaltwerk zum Einstellen des Auslaufs

Abb. 7
Aufbau der Trommelmühle.

Wasser an der Oberfläche ab und setzt soviel frisches Wasser hinzu, bis sich die Masse zum Auftragen gut eignet. Dieses Stellen des Emails bedingt eine besondere Erfahrung.

Der Arbeitsgang in einem Stanz- und Emaillierwerk ist aus Abb. 8 zu ersehen. Das für die Geschirrfabrikation notwendige Blech wird im Blechlager nach Größe und Dicke der einzelnen Blechtafeln genau sortiert und übersichtlich gestapelt. In der Zuschneiderei wird das Blech mit Maschinen zugeschnitten und nach dem Stanzwerk gebracht. Im Stanz- und Preßwerk erhält das Blech mit Hilfe von Maschinen die gewünschte Form und wird als Fertigrohgeschirr im Rohlager nach Größe, Stückzahl und Form in besonderen Fächern gelagert. Von hier wandert die Ware in die Beize, um gereinigt zu werden.

Die zu überziehenden Gegenstände oder Geschirre müssen von jeglichem Öl, Zunder und Rost befreit sein. Die Rohware wird deshalb vor dem Emaillieren in besonderen Öfen von der Öl- oder Fettschicht befreit, in einem Säure- oder Schwefelbad gebeizt, daraufhin in einem Sodabad von der Säure gereinigt und in einer Trockendarre möglichst rasch, damit sich nicht wieder Rost ansetzt, getrocknet. Die Temperatur in der Trockendarre beträgt 300 bis 400 °. In der anschließenden Ausbeulerei wird das Geschirr noch einmal gründlich durchgesehen und Unebenheiten im Blech, die während des Transportes entstehen können, beseitigt.

Der weitere Arbeitsgang ist das Emaillieren selbst. Vorteilhaft ist es, den Emaillierraum vom Brennraum staubdicht abzuschließen, da die geringste Staubbildung für das Email schädlich ist. Das in Abb. 8 dargestellte Emaillierwerk ist für eine Tagesleistung von 4500 kg Fertigware berechnet. Es ist ganz besonders darauf zu achten, daß in den einzelnen Betriebsräumen genügend Licht und Platz vorhanden ist. Die vielen hohlen Geschirre erfordern an und für sich viel Raum; die Plätze der einzelnen Facharbeiter müssen genügend groß und gut verteilt sein.

Abb. 8
Grundriß eines Emaillierwerkes.

a Beizbottiche
b Sodakessel
c Feuerungsgrube
d Trockendarre
e Auftragtische
f Schmelzöfen mit Ölfeuerung
g Bottiche für die Fritte
h Trommelmühlen
i Bottiche zum Stellen des Emails
k Trockenständer
l Abgaskanäle
m Brennöfen
n Druckluftanlage in der Dekor-Abteilung
o Spritztische
p Glühofen
q Aschenkanal
r Aschenaufzug
s Schornstein

Auf die gereinigten Geschirre trägt man nun das Grundemail dünn auf und stellt sie auf Nagelbretter in besondere Trockenständer. Das Trocknen soll langsam, mit gutem Luftumlauf vor sich gehen. Bei zu schnellem Trocknen ist die Gefahr vorhanden, daß das Email noch vor dem Brennen rissig wird; besonders kommt dies bei hohen hohlen Geschirren häufig vor, wie z. B. bei Kaffeekannen, Wasserkrügen u. a. Für das Trocknen selbst hat man nun verschiedene Einrichtungen. Es gibt auch Trockenkammern, die mit den Abgasen der Brenn- und Schmelzöfen gespeist werden. In den meisten Fällen werden über den Abgaskanälen Regale von rd. 3 m Höhe aufgebaut, in denen die Geschirre zum Trocknen aufgestellt werden. Die Kanäle sind mit schwachen Schamotteplatten abgedeckt, und da die Abgase im Kanal immerhin noch eine Temperatur von rd. 400 bis 450 ° haben, so reicht diese Wärme aus, um ein langsames Trocknen der Geschirre zu erreichen. Diese Wärme kann natürlich noch weiter zum Heizen von Nebenbetrieben ausgenutzt werden.

Das Brennen der emaillierten Gegenstände erfolgt in Muffelöfen. Die trockenen emaillierten Geschirre werden auf Brennrosten mit einer besonderen Einfahrvorrichtung bei einer Temperatur von 800 ° bei Weißemail und rd. 950 ° bis 1000 ° bei Grundemail gebrannt. Die Brenndauer richtet sich nach der Härte des Emails und dauert im Durchschnitt bei den oben bereits erwähnten Temperaturen für Grundemail 4 bis 5 min, für Deckemail rd. 3 min. Die meisten Gegenstände erhalten außer dem Grundemail zwei Deckemails und müssen natürlich nach jedem Auftrag getrocknet und gebrannt werden.

Ein Emailliermuffelofen mit Generatorgasfeuerung für Steinkohle, Braunkohle oder Briketts ist in Abb. 9 und 10 dargestellt. Der Ofen hat zwei Muffeln und eignet sich gut für Großbetriebe. Der Brennstoffverbrauch für

Abb. 9 und 10
Doppelmuffelofen mit Generatorgasfeuerung der Großalmeroder Thonwerke.

a Elektrische Heizkörper
b Chromnickelplatte
c feuerfeste Mauerung
d Wärmeisolation
e Beschicktür

Abb. 11 und 12
Elektromuffelofen der Ifö-Ofenbaugesellschaft, Berlin.

beide Muffeln mit doppelter Leistung ist nur rd. 50 vH höher als beim Einmuffelofen.

Die Vorwärmer haben eine große Heizfläche, so daß der Brennstoff möglichst ausgenutzt wird. Der Ofen hat je Muffel einen Brennraum von 2000 × 900 × 750 mm².

Einen bemerkenswerten Emailbrennofen mit elektrischer Widerstandheizung zeigen Abb. 11 bis 13. Der Ofen hat einen Brennraum von 2800 × 1200 × 800 mm². Die Leistung beträgt 7 t einmal emaillierte Ware mit einem Rostgewicht von 14 t. Der Stromverbrauch beträgt bei 24stündigem Dauerbetrieb rd. 3950 kWh. Durch Anwendung eines Beschickrostes aus feuerbeständiger Chromnickellegierung kann das Rostgewicht erheblich verringert werden, wobei sich auch der Stromverbrauch niedriger stellt. Die elektrische Leistung ist in neun Stufen regelbar, und zwar für 17, 25, 68, 85, 102, 119, 136, 153 und 170 kW. Eine selbsttätige Regelvorrichtung hält die im voraus bestimmte Ofentemperatur mit 90 vH Sicherheit inne. Die Heizelemente sind teils an der Decke, teils an den Seitenwänden und im Boden angeordnet, Abb. 11 und 13.

Die Nickelchromdrähte der Heizkörper sind schraubenförmig auf mit Rillen versehenen Sonderformsteinen (Widerstandplatten) gewickelt. Die Form der Rillen gewährleistet vollkommenen Schutz gegen mechanische Zerstörung der Widerstandsdrähte, aber auch freie Einstrahlung in die Ofenkammer. Die Temperatur der Widerstanddrähte ist rd. 100 ° höher als die Ofentemperatur. Die Widerstandleitungen endigen an der der Beschicktür gegenüberliegenden Ofenrückseite, von wo aus die Kabel zur Schalttafel führen.

Die Beschicktür, die nach Abb. 12 mit einer gewöhnlichen Hebevorrichtung versehen ist, kann auch elektrisch betätigt werden.

Gußemaillierung

Hier unterscheidet man zwei Arten der Emaillierung, und zwar den Naßauftrag oder das Puderverfahren (Trockenauftrag). Beim Naßauftrag wird das Email in derselben Weise hergestellt, wie bei der Emaillierung von Blech, wobei aber die Zusammensetzung der Chemikalien eine andere ist. Beim Puderverfahren wird im Gegensatz zum Naßverfahren der Zusatz von Trübungsmitteln (Zinnoxyd oder andre ähnliche billigere Ersatzmittel) gleich mit eingeschmolzen. Die gewonnene Fritte wird dann t r o c k e n zu Mehlstaub gemahlen und mittels Schüttelsieb auf das zu emaillierende Gußstück gestreut. Das gepuderte Gußstück wird nun in den Muffelofen gefahren und solange erhitzt, bis das Email zum Fließen kommt. Die Brenndauer beim Gußemail richtet sich auch nach der Dicke des Gußeisens und beträgt rd. 12 min. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis man eine tadellose, weißdeckende, schön glänzende Fläche erhält.

Dekoremail

Das Dekoremail ist in vielen Ländern sehr beliebt, und deshalb haben die meisten Emaillierwerke eine eigene Dekorabteilung. Bild oder Muster werden entweder durch Abziehbilder oder mit Hilfe von Schablonen hergestellt. Abziehbilder werden auf die fertiggebrannte, weiße Emaille feucht aufgeklebt, abgezogen, getrocknet und nochmals bei niedriger Ofentemperatur gebrannt. Zur Herstellung von Schablonendekor bedient man sich der Spritzapparate (Luftpinsel). Die Schablone, die das gewünschte Bild ergeben soll, wird aus dünnem Blech hergestellt und auf den zu schmückenden Körper gelegt oder mit Klammern befestigt. Nun erfolgt mit kleinen,

Abb. 13
Elektromuffelofen während des Ausmauerns.

Abb. 14
Sonderausführung einer Spritzpistole zum Auftragen farbreicher Glasflüsse.

a Farbbecher (abgeschnitten)
b Farbenausflußöffnung
c Farbventilnadel
d Herausnehmbarer Bügel
e Drucklufteintritt
f Taster, der gleichzeitig Farb- und Luftzufuhr regelt

Abb. 15
Luftpinsel für feinste freihändige Malerarbeit der Fa. Krautzberger & Co., Holzhausen.

mit Druckluft betriebenen Spritzpistolen, Abb. 14 und 15, das Aufspritzen der verschiedenen Farben auf das Email. Das farbige Email, das sich in einem kleinen Behälter an der Spritzpistole befindet, wird durch die eintretende Preßluft in der Pistole ganz fein verstäubt. Mit den Spritzpistolen wird nicht nur farbiges Email hergestellt, man wendet auch mit Vorliebe das Spritzverfahren in der Herdfabrikation, der Lackiererei usw. an. Abb. 16 zeigt einen Spritztisch, der sich beim Arbeiten mit dem Luftpinsel bewährt hat.

Die Förderverhältnisse sind fast in allen Emaillierwerken heute noch veraltet und ungenügend. Einfache Kastenwagen werden von einem Betrieb zum andern mit der Hand befördert. Förderbänder oder sonstige mechanische Fördereinrichtungen findet man in fast keinem Werk. Trotz der vielen Waren, die in jedem Emaillierwerk erzeugt werden, läßt sich ein großer Teil der Einzelausführungen doch so ordnen, daß mechanische Fördermittel angewendet werden können.

Bei einem Besuch fast aller Emaillierwerke Mitteleuropas konnte festgestellt werden, daß nur ein sehr geringer Teil der Werke der neuzeitlichen Technik auch nur einigermaßen angepaßt ist. Die Fördermittel, doch heute ein unbedingt wichtiger Faktor in jedem Betriebe, sind veraltet. Ein großer Nachteil für die Emaillierwerke ist auch die Herstellung einer Unmenge verschiedenartiger Waren. Die Herstellkosten würden sich bedeutend erniedrigen lassen, wenn die Emaillierwerke sich zu einem

Abb. 16
Spritztisch zum Spritzen von Massenware.
a Druckluftbehälter *b* Arbeitswanne *c* Sammler für abfließenden Auftrag *d* Absaugleitung

engen Verband zusammenschließen und eine Ein- und Verkaufzentrale errichten würden. Auch kann sich der technische Leiter bei wenigen Erzeugnissen viel eingehender mit Neuerungen und Verbesserungen befassen.

[B 1190]

Ablöschen von Stahl mittels heißer Salzbäder

Prof. K. Honda und K. Tamaru haben schwedischen Stahl (0,89 vH C) 15 min bei 800 °C erhitzt, ihn dann im Quecksilber- oder Salzbad bei verschiedenen Temperaturen abgelöscht und Versuche damit angestellt[1]). Die beiden Forscher glaubten, daß Austenit durch den martensitischen Zustand hindurchgehen muß, ehe der Stahl den perlitischen Zustand erreicht, unabhängig von der Abkühlgeschwindigkeit. Sie versuchten deshalb, eine solche Abkühlgeschwindigkeit ausfindig zu machen, in der eine Ausdehnung infolge Änderung des Austenits in Martensit, durch die Zusammenziehung ausgeglichen wird, die bei weiterer Zersetzung des Martensits eintritt.

Für Ablöschtemperaturen bis zu 150 °C wurde Quecksilber benutzt, bei höheren Temperaturen eine eutektische Mischung (65 : 35) von Kalium- und Lithiumnitraten. Die Ergebnisse der Härteprüfung zeigt Zahlentafel 1.

Wenn der abgelöschte Stahl längere Zeit im heißen Ablöschbad bleibt (20 min), wird die Härte etwas verringert, weil der Martensit mehr Gelegenheit hat, sich in das weiche Sorbit und selbst in Perlit zu zersetzen. Die folgende Zusammenstellung zeigt aber, daß die Zersetzungstemperatur von Martensit auch mit zunehmender Zeit im heißen Bad abnimmt.

In Wasser abgelöscht . . . . 270 °C,
1 min im heißen Bad . . . . 280 °C,
10 „ „ „ „ . . . . 250 °C,
20 „ „ „ „ . . . . 230 °C.

Risse bilden sich, wenn die Temperatur des Ablöschbades unter 120 ° liegt, da die Oberflächenlagen dann mehr festgehaltenen Austenit enthalten als der Kern und

[1]) „The Iron Age" Bd. 122 (1928) Nr. 4 S. 210.

Zahlentafel 1. Brinellhärtezahlen.

Temperatur des Bades oder Anlassens °C	Zeit im heißen Ablöschbad			In Wasser abgelöscht und getempert
	1 min	10 min	20 min	
100	664	664	640	685
200	589	620	615	600
250	582	583	484	540
300	507	501	435	505
350	400	430	385	480
400	375	395	370	410
500	264	370	350	225
550	358	360	—	290

infolgedessen unter Spannung stehen. Wenn das Ablöschbad eine Temperatur von 150 bis 200 °C hat, befindet sich kein festgehaltener Austenit in der Nähe der Oberfläche; der innere Teil besteht aus Martensit und enthält nur eine sehr kleine Menge Troostit. Daher steht die Schale unter Druck; obgleich die Probe sehr hart ist, bekommt sie keine Risse.

Verschiedenheiten in der Zerreißfestigkeit und in der Biegefestigkeit lassen sich auf Grund der beobachteten Mikrostruktur erklären. Sorbitisches Gefüge kann man durch Ablöschen in geschmolzenem Salz bei 500 ° erhalten; es verleiht dem Stahl physikalische Eigenschaften, die nicht ungünstiger sind als diejenigen, die man durch Ablöschen in Wasser und nachheriges Anlassen erhält. Honda und Tamaru sind der Ansicht, daß das Ablöschen in warmen Salzbädern ein einfaches Verfahren der Warmbehandlung ist und daß dadurch die Gefahr von Härterissen vermieden wird. [N 1970] H. Illies

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Verbrennungskraftmaschinen

Neuer englischer Schiffsmotor

Der neue 100 PS-Sechszylinder-Schiffsmotor von J. W. Brooke & Co. in Lowestoft, Abb. 1, ist im Gegensatz zu den üblichen Schiffsmotoren vollständig auf Grund der Erfahrungen mit schnellaufenden Fahrzeugmotoren entworfen. Infolgedessen sind die Abmessungen klein und das Gewicht, bezogen auf 1 PS, niedrig. Die Zylinder haben rd. 108 mm Dmr. und 121 mm Hub. Das Gewicht des Motors beträgt 568 kg, also bei der Höchstleistung von 105 PS bei 2000 U/min 5,41 kg/PS. Da die bisher üblichen Schiffsmotoren für 800 U/min gebaut wurden, so sind die Außenmaße des neuen nicht größer als die eines älteren Motors von 40 bis 42 PS.

Ober- und Unterteil des Kurbelgehäuses, Abb. 2, bestehen aus einer Sonderlegierung von Leichtmetall, die seewasserfest ist. Am Oberteil sind die vier Hauptlager der Kurbelwelle, sowie sämtliche Nebenteile angeordnet, die vom vorderen Ende der Kurbelwelle mittels Zahnketten angetrieben werden. Das Untergehäuse ist nur als Öltrog ausgebildet. Es ist nach den Seiten verbreitert und dient zum Lagern des Motors im Schiffsrumpf. Man kann so den Motor mit dem gesamten Triebwerk vom Unterteil abheben und ohne nochmaliges Ausrichten wieder einbauen.

Der Zylinderblock ist ein einheitliches Graugußstück. Die Leichtmetallkolben haben je drei Kolbenringe sowie einen Ölabstreifring, der gleichzeitig den Kolbenbolzen sichert. Die Ventile hängen in einer Reihe im abnehmbaren Zylinderkopf und werden von einer unten gelagerten Nockenwelle mittels Stoßstangen und Kipphebeln gesteuert. Wegen der hohen Drehzahl hat jedes Ventil zwei ineinanderliegende Federn.

Die Schmierung arbeitet ohne Ölvorrat im Kurbelgehäuse. Zwei Zahnradpumpen, die zusammen mit der Kühlwasserpumpe angetrieben werden, fördern das Öl aus einem besonderen Behälter in die Hauptlager, sowie das verbrauchte Öl vom Ölsumpf in den Ölbehälter zurück. Von den Hauptlagern fließt das Öl durch die Kurbelwelle zu den Pleuellagern. Die Schwinghebel der Ventile werden aus einer besondern außenliegenden Leitung mit Öl versorgt. Vom Zylinderkopf fließt das Öl durch das Stoßstangengehäuse nach unten, schmiert die Ventilstössel und läuft schließlich in das Kurbelgehäuse zurück. Bis auf die zum Zylinderkopf führende Leitung und die Anschlüsse des Ölbehälters sind alle Ölleitungen in das Kurbelgehäuse eingegossen.

Abb. 1
100 PS-Schiffsmotor von J. W. Brooke & Co., Vergaserseite.

Die beiden Zenith-Vergaser hängen an einem vereinigten Ansaug- und Auspuffrohr mit Wasserkühlung. Die Auspuffgase können nach Belieben vorn und hinten abgeleitet werden. Die äußere Form des Motors ist ganz glatt; alle bewegten Teile sind gekapselt. Das Triebwerk ist durch zwei große seitliche Deckel am Kurbelgehäuse-Oberteil zugänglich. Der Motor wird mit elektrischer Lichtmaschine und Anlasser, der das Schwungrad antreibt, sowie nach Wunsch mit Magnet- oder Dynamozündung ausgerüstet. Messungen auf dem Prüfstand ergaben:

U/min	PS_e	Brennstoffverbrauch l/PS_eh
800	42	0,406
1000	56	0,406
1200	65	0,402
1400	77	0,413
1600	90	0,416
1800	98	0,417
2000	105	0,419

[M 1658] Fr.

Abb. 2
Schnitt durch Zylinderkopf, Zylinder und Oberteil des Kurbelgehäuses.

Schnellaufende Dieselmotoren als Flugzeugmotoren

In einer gemeinsamen Tagung der Institution of Automobile Engineers und der Royal Aeronautical Society im November 1927 in London hat u. a. H. B. Taylor über Versuche berichtet, die die Entwicklung des Dieselmotors zum Flugmotor betreffen. Im Royal Aircraft Establishment hat man für diese Versuche, die bis 1922 zurückreichen, eine Vergaser-Viertaktmaschine von 203 mm Zyl.-Dmr. und 280 mm Hub (Verdichtungsgrad 1 : 12) und 1000 U/min Nenndrehzahl (1200 U/min Höchstdrehzahl) hergerichtet.

Die Anpassung des Dieselmotors an die Flugtechnik stellt hinsichtlich der Brennstoffeinspritzung ein Problem; man entschied sich für die Strahleinspritzung mit Fül-

Abb. 3
Einsatz für einen schnelllaufenden Dieselmotor mit fünf im Querschnitt quadratischen Nuten, die von der Brennstoffnadel verschlossen werden.

Abb. 4
Einsatz mit halbkugelförmigem Hohlraum unterhalb des Nadelsitzes. Aus dem Hohlraum führen feine Bohrungen in den Verbrennungsraum.

lungsspeicher. Abb. 3 zeigt den Einsatz mit fünf im Querschnitt quadratischen Nuten, die von der Brennstoffnadel verschlossen werden. Versuche mit verschiedenen Nutengrößen fielen bezüglich des Brennstoffverbrauchs ungünstig aus, was mit zu geringer Durchschlagkraft der Brennstoffstrahlen begründet wurde. Man ging darauf zu einem anderen Einsatz, Abb. 4, über; dieser hat unterhalb des Nadelsitzes einen halbkugelförmigen Hohlraum, aus dem feine Bohrungen in den Verbrennungsraum führen.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf Winkel, Zahl, Durchmesser und Länge der Bohrungen bei 1000, 1100 und 1200 U/min. Der Kegelwinkel von 120° ergab Bestwerte für Leistung und Brennstoffverbrauch. Der offensichtliche Zusammenhang zwischen günstigstem Winkel und Gestaltung des Verbrennungsraumes wird durch die Angabe angedeutet, daß der von dem Kegel eingeschlossene Raum etwa ⅓ des während der Einspritzzeit freigegebenen Raumes betragen soll. Vier Bohrungen mit verschiedenen Durchmessern verhielten sich gleichmäßig, fünf Bohrungen ergaben mit wachsendem Durchmesser schlechtere Werte, bei sechs Bohrungen zeigte sich ein ausgesprochener Bestwert für 0,37 mm Dmr. Dies erklärt sich dadurch, daß bei größerem Lochdurchmesser die Strahlstreuung größer, zugleich aber die Zerstäubung ungünstiger wird. Beim Vierloch-Einsatz gleichen sich diese Wirkungen aus, bei fünf Löchern überwiegt der Einfluß der ungünstigeren Zerstäubung, um so mehr, als sich bei fünf und mehr Bohrungen die einzelnen Strahlen überschneiden können. Der Abfall der Werte nach der Seite der kleineren Durchmesser beim Sechsloch-Einsatz ist wiederum auf zu geringe Durchschlagkraft zurückzuführen.

Änderungen des Höchstdruckes im Zylinder von 46 auf 50, 53 und 57 at besserten die maßgebenden Werte fortschreitend. Daraus wird gefolgert, daß man den Einspritzbeginn der Leistung so lange anpassen soll, bis der Druck im Zylinder einen Höchstwert erreicht, wie überhaupt ein möglichst hoher Verbrennungsdruck Vorbedingung für die gute thermische Ausbeute bei schnellaufenden Motoren ist.

Bemerkenswert ist ein Vergleich der Wirkungsweise der Versuchsmaschine als Vergaser- und als Dieselmaschine. Bei Umstellung auf das Gleichdruckverfahren ergab die Maschine um rd. 10 vH geringere Leistung und um 18 vH geringeren Brennstoffverbrauch. Unter Berücksichtigung des Mehrgewichtes für 1 PS und des Minderverbrauchs an Brennstoff der Dieselmaschine gegenüber der Vergasermaschine kann man darstellen, von welcher Flugdauer ab das Gesamtgewicht der Dieselmotoranlage günstiger als das einer Vergasermotorenanlage wird. [M 1784]

Berlin Dr.-Ing. Leitner

Arbeitsmaschinen

Neuartige Pumpe für Wasser und Luft

Abb. 5 und 6 zeigen eine Pumpe, die drei Maschinen in sich vereinigt, und zwar eine Wasserpumpe, einen Luftverdichter und eine Luftpumpe. *a* ist die Pumpe, zugleich Verdichter und Luftpumpe, *b* der Druckwindkessel und *c* der Elektromotor, der mittels Riemen über die Spannrolle *d* die Pumpe antreibt. Elektromotor und Pumpe sind auf dem Windkessel *b* aufgestellt, so daß das Ganze vollständig standfest ist und auf Trägern im Brunnen, auf Mauerkonsolen usw. ohne weitere Befestigung aufgestellt oder auf einem leichten Wagen auch fahrbar gemacht werden kann. Der Forderung, selbsttätig als Pumpe anzusaugen und die Luft zu verdichten, konnte nur eine Kolbenmaschine mit kleinstem schädlichen Raum entsprechen.

Um die verschiedenen Funktionen nacheinander erfüllen zu können, ist die Pumpe *a* mit vier Hähnen e_1, e_2, e_3 und e_4 versehen. Wenn die Maschine als Luftpumpe dienen soll, werden die Hähne e_1 und e_2 geschlossen und der Hahn e_3 durch einen Schlauch mit der Stelle verbunden, wo Verdünnung erzeugt werden soll. Alsdann wird der Hahn e_4 geöffnet und die Maschine in Betrieb gesetzt. Die durch den Hahn e_3 angesogene Luft wird durch e_4 ins Freie ausgeblasen.

Wenn die Maschine als Verdichter arbeiten soll, wird auf den Hahn e_3 ein Sieb aufgesteckt, das den Staub von der Maschine fernhält, und der Hahn sodann geöffnet. An den Hahn e_4 wird dann ein Schlauch angeschlossen, der zu der Stelle führt, wo die Druckluft gebraucht wird, z. B. zum Kraftwagen, zu einem Windkessel usw. Man kann aber auch die Luft im Windkessel *b* verdichten und von dort durch einen besondern Hahn zur Verwendungsstelle leiten. In diesem Fall bleibt der Hahn e_4 geschlossen und der Hahn e_2, der die Pumpe mit dem Windkessel verbindet, geöffnet.

Soll die Pumpe schließlich als Flüssigkeitspumpe arbeiten, so werden die Hähne e_3 und e_4 geschlossen und der Hahn e_1 in der Saugrohrleitung *f*, die am unteren Ende mit Saugkorb nebst Fußventil versehen ist, sowie der Hahn e_2, der die Pumpe mit dem Druckwindkessel verbindet, geöffnet. Das Wasser fließt dann aus dem Druckwindkessel durch das Absperrventil *g* ab, an das die z. B. zum Behälter führende Steigleitung anschließt. Die Ausstattung der Anlage wird zweckmäßig durch das Vakuummeter *h* und das Manometer *i*, die die Beaufsichtigung erleichtern, sowie das Sicherheitsventil, das an einem mit dem Manometer gemeinschaftlichen Aufsatz befestigt ist, ergänzt.

Wenn die Einrichtung bei im voraus bestimmtem kleinsten Druck eingeschaltet und bei höchstem ausgeschaltet werden soll, wird am Windkessel bei Wasserentnahme ein Druckschalter, bei Wasserförderung in einen Behälter ein Schwimmerschalter angebracht. Man kann natürlich beide Arten verbinden und Wasser in einen Behälter, z. B. für Hauszwecke, fördern und das Trinkwasser dem Druckwindkessel, wo es kalt bleibt, besonders wenn die Anlage in einem kühlen Raum aufgestellt wird, entnehmen. In diesem Falle wird die Druckleitung verzweigt, ein Arm führt zum Hochbehälter, der andre dient für Trinkwasser. Die Pumpe saugt infolge des kleinen schädlichen Raumes sicher aus einer Tiefe von 7 m ohne Füllen der Saugleitung und des wirksamen Raumes an.

Die Schmierung ist selbsttätig. Zum Antrieb kann an Stelle eines Elektromotors auch ein Verbrennungsmotor dienen. Bei größerem Bedarf an verdichteter oder verdünnter Luft wird die Anlage mit einem Umschalter versehen, so daß die Maschine als Verdichter, z. B. mit 400 U/min, als Pumpe mit 200 U/min läuft. Der Riemenantrieb ist stets dem Räderantrieb vorzuziehen. Die Pumpe ist für kleinere städtische und industrielle Wasserwerke, für Hauswasserversorgung, aber auch für Schankbetriebe

Abb. 5. Einzylindrige, einfachwirkende Pumpe für Luft und Wasser mit 70 mm Kolben-Dmr. und 70 mm Hub, erbaut von O. Klepal, Brünn. Pumpleistung bei 213 U/min 0,983 l/s Wasser; erreichte Luftleere bei 416 U/min 675 mm Q.-S.

Abb. 6 Schnitt durch die Luft- und Wasserpumpe.

Zu Abb. 5 und 6

a Pumpe
b Druckwindkessel
c Elektromotor
d Spannrolle
e_1 bis e_4 Hähne
f Saugrohrleitung
g Absperrventil
h Vakuummeter
i Manometer

Abb. 7
Lageplan eines Lochwalzwerkes
a Öfen
b, *c* Lochwalzwerke
d, *e*, *f* Glättwalzwerke
g Fertigwalzwerk
h Warmbett

geeignet, wo Druckluft zum Bierausschank und Wasser für Hauszwecke verbraucht wird. Namentlich bei Hauswasserversorgungs-Anlagen ist diese Maschine vorteilhaft, da die Erfahrung gezeigt hat, daß es vom Nutzen ist, wenn die Pumpe mit Vorpressung der Luft, d. i. mit höherem Druck arbeitet, als es der höchsten Entnahmestelle entspricht. In diesem Fall arbeitet die Maschine zuerst als Luftverdichter, sodann nach Umschaltung der Hähne als Wasserpumpe. Ferner kann sie zum Auffüllen der Reifen von Kraftwagen verwendet werden. [M 1616]

Brünn Ing. O. Klepal

Eisenhüttenwesen

Das Lochen von Knüppeln zur Herstellung von Röhren

In Europa wendet man hauptsächlich das Pilgerwalzwerk, in Amerika das Lochwalzwerk zur Herstellung von Röhren an. Die Unterschiede beider Walzwerke sind[1]):

1. Das Ausbringen mit dem Lochwalzwerk ist zwei- bis dreimal höher als beim Pilgerwalzwerk;
2. die Einrichtungskosten sind ungefähr dieselben für beide Verfahren, vielleicht etwas geringer für das Pilgerwalzwerk;
3. die Kosten der Werkzeugeinrichtung, wie Walzen und Dorne, betragen beim Pilgerwalzwerk ein Vielfaches der beim Lochwalzwerk;
4. Walzen und Dorne muß man beim Pilgerwalzwerk aus dem besten Stahl herstellen, beim Lochwalzwerk aus ähnlichem Werkstoff wie bei andern Walzwerkverfahren;
5. die Instandhaltung der Anlage und der Werkzeuge ist beim Lochwalzwerk viel billiger und einfacher als beim Pilgerwalzwerk;
6. die Güte der erzeugten Röhren in Hinsicht auf Gleichmäßigkeit der Wanddicke und -glätte der Außen- und Innenflächen ist beim Lochwalzwerk besser als beim Pilgerwalzwerk.
7. Mit dem Pilgerschrittverfahren lassen sich Rohrlängen von 12 bis 18 m, aber auch bis zu 25 m Länge herstellen, während sich mit dem Lochwalzwerk heute nur Längen von 10 bis 12 m walzen lassen, die größte Länge beträgt 15 m.
8. Die größten nach dem Pilgerschrittverfahren erzeugten Röhren haben 500 mm Dmr., beim Lochwalzwerk rd. 355 mm Dmr. Auf einem in Bau befindlichem Walzwerk soll man aber Röhren von 600 mm Dmr. walzen können.

In dem Lochwalzwerk, Abb. 7, setzt man die Stahlknüppel in Öfen *a* ein; sie gehen von dort zu den Lochwalzwerken *b* und *c*, von denen jedes als Lochwalzwerk verwendet werden kann oder das eine als Lochwalzwerk und das andere als Glättwalzwerk. Von beiden Lochwalzwerken gehen die Walzstäbe zum Glättwalzwerk *d*, wo sie mehrere Male durch die Walzen laufen; die Wanddicke wird verringert und das Rohr infolgedessen verlängert. Von hier gelangen die Röhren zu einem der beiden Glättwalzwerke *e* und *f*, auf denen die Röhren durch schräge Walzen an der Außenseite und einem zylindrischen Dorn von der Innenseite, zur Herstellung einer gleichförmigen Wanddicke und zum Glätten bearbeitet werden. In diesen Walzwerken bleibt der Durchmesser des Rohres etwas größer als erforderlich, um hierauf auf dem Fertigwalzwerk *g* das richtige Maß zu erhalten. Von hier gelangen die Rohre auf das Wärmbett *h*.

[1]) „The Iron Age" Bd. 121 (1928) Nr. 21 S. 1466.

Der Dorn, Abb. 8 und 9, über den der Knüppel gezogen wird, erforscht das Innere des Knüppels auf der ganzen Länge auf unganze Stellen. Ein ringförmiger äußerer Querschnitt des Knüppels, der durch punktierte Linien angedeutet ist, bleibt unerforscht. Irgendeine unganze Stelle *d* in dem Querschnitt *s*, die durch Lunker verursacht ist, wird an der Innenfläche freigelegt, während eine ähnliche Stelle *l* im Mantel unberührt bleibt. Deshalb befinden sich um so weniger fehlerhafte Stellen im Rohr, je geringer das Volumen des unberührten Teiles ist; man sollte daher möglichst kleine Knüppel zur Herstellung einer bestimmten Rohrgröße verwenden.

Die günstige Größe des Knüppels bestimmt man folgendermaßen: Das Lochdiagramm, Abb. 10 und 11, ist so gewählt, daß der zusammenlaufende Stich *C A*, der sich zwischen den Walzen bildet, den Knüppel genügend faßt, bis der Knüppel bis zum Punkt *D* gelangt ist, um ihn über den Dorn zu zwingen. Den Knüppel sollte man nur so verlängern, daß sich sein Querschnitt durch den zusammenlaufenden Strich *C* nach *A* mit geringstem Zug oder kleinster Reduktion des Knüppels vermindert. Der auseinanderlaufende Stich von *A* bis *B* zwischen den Walzen und dem Dorn ist so angeordnet, daß die Querschnittfläche des Knüppels bei *A* gleich der bei *B* ist. Bei einem Lochstich, der so eingerichtet ist, daß er diese Bedingungen erfüllt, wird sich der Knüppel nur im auseinanderlaufenden Stich ausdehnen und im zusammenlaufenden Stich verlängern.

Das Metall des Knüppels, Abb. 10 und 11, kann sich im ersten Teil des Stiches ausdehnen, wo es zwischen den beiden Walzenflächen gefaßt wird, die einen verhältnismäßig großen Winkel α zwischen sich einschließen. Aber an der Stelle, an der das Metall zwischen den auseinanderlaufenden Walzenflächen und den beiden entsprechenden Dornflächen gefaßt wird, kann sich das Metall fast unmöglich zwischen diesen Flächen ausdehnen, die nur einen kleinen Winkel β bilden.

Anderseits ersieht man aus dem Querschnitt *X—Y*, Abb. 11, daß der Fließwinkel in der Querrichtung größer ist als in der Längsrichtung. Im auseinanderlaufenden Stich trifft also das Metall weniger Widerstand, um in der Querrichtung und nicht in der Längsrichtung zu fließen. Der auseinanderlaufende Stich muß daher dazu dienen, den Knüppel auszudehnen und nicht zu verlängern.

Bei der ersten Berührung *C* zwischen Knüppel und Walzen ist der Durchmesser der Walzen klein und derjenige des Knüppels groß. Beim Vorrücken des Knüppels von *C* nach *A* nimmt der Durchmesser oder Umfang des Knüppels ab, während derjenige der Walzen zunimmt. Von *A* nach *B* findet das Umgekehrte statt. Dieses unvernünftige Verhältnis zwischen den entsprechenden Durchmessern und Geschwindigkeiten der Walzen und dem Knüppel an verschiedenen Berührungspunkten während des Vorrückens des Knüppels durch die Walzen verursacht schädliche Spannun-

Abb. 8 und 9
Arbeitsweise des Schrägwalzverfahrens

Abb. 10 und 11
Schrägwalzverfahren

Abb. 12
Aufweitverfahren

Abb. 13
Aufweit- und Glättverfahren

gen im Rohr und ein Aufbrechen der Mitte des Knüppels, ehe die Mitte die Spitze des Dornes erreicht, wodurch das Eindringen des Dornes in die Mitte des Knüppels erleichtert wird. Es ruft aber auch eine hohe Reibung oder ein Schlüpfen zwischen Walzen und Knüppel an der Außenseite und auch zwischen Dorn und Knüppel an der Innenseite hervor. Da der Metalldruck, der durch die Walzen auf den Knüppel ausgeübt wird, mehrere hunderttausend Kilogramm betragen kann, bedeutet ein starkes Schlüpfen bei solchem großen Druck einen hohen Kraftverlust.

Die besondere Tätigkeit des Dornes während des Walzens trägt auch zum Entstehen von schädlichen Spannungen bei. Die Walzen versetzen durch ihre Lage zu einander den Knüppel in Umdrehung und treiben ihn über den Dorn. Da die Achse des Knüppels und die Achse des Dornes in einer Ebene liegen, setzt der Dorn dem Fortschreiten des Knüppels einen Widerstand entgegen. Da der große Durchmesser der Walze m, Abb. 9, dem kleinen Durchmesser n des Dornes gegenüber liegt, und der kleine Walzendurchmesser o dem großen Durchmesser p des Dornes, treten auch im Innern hohe Beanspruchungen auf.

Der gesamte Kraftbedarf zum Lochen setzt sich also zusammen aus:

1. der durch die Reibung der Maschinen aufgenommenen Kraft,
2. der durch die Walzen- und Dornreibung auf das Metall ausgeübten Kraft und
3. der für die Metallverdrängung aufzuwendenden Kraft.

Man wird finden, daß die durch Walzen- und Dornreibung verzehrte Kraft weit größer ist als die durch die Verdrängung des Metalls erforderliche Kraft; man sollte daher die Kraft zum Lochen durch Verwendung von möglichst kleinen Knüppeln verringern.

Die Vorteile des Fertigwalzwerkes zeigt Abb. 12. Soll z. B. ein Rohr von 355 mm Dmr. und einer Wanddicke d auf ein Rohr von 610 mm Dmr. und Wanddicke e gewalzt werden, so geht der Vorgang nach Abb. 12 vor sich. Wird aber ein Rohr von weniger als 610 mm Dmr. gewünscht, im Durchmesser z. B. der punktierten Linien, so kann es ohne Verstellen der Walzen durch Verwendung eines kleineren Dornes erzeugt werden. Das kleinere Rohr würde aber die Wanddicke e_1 erhalten, in demselben Verhältnis dicker wie e, als sein Durchmesser geringer als 610 mm ist. Soll die Wanddicke des kleineren Rohres geringer als e_1 werden, so muß im Lochwalzwerk ein Rohr von demselben Durchmesser (355 mm), aber von einer entsprechend geringeren Wanddicke als d gewalzt werden.

Der Erweiterungsdorn kann auch aus zwei verschiedenen Kegeln A und B, Abb. 13, bestehen. Der Kegel A bildet einen auseinanderlaufenden Stich für die Rohrwandung zwischen dem Dorn und den Walzen und der Dorn B einen parallelen Stich. Durch Kegel A wird die Wanddicke verringert, und durch Kegel B wird die Wandung in derselben Weise wie im Fertigwalzwerk geglättet. Somit können durch Verwendung eines solchen Dornes beide Arbeitsgänge gleichzeitig ausgeführt werden.

In einem solchen neuzeitlichen Walzwerk kann man jährlich 200 000 t Röhren von 125 mm Dmr. und größer herstellen. Zahlentafel 1 gibt die Ergebnisse des Kraftverbrauchs. [M 1729]

Amberg H. Illies

Zahlentafel 1

Größe des fertigen Rohres mm l. W.	228,6	244,5	298,5	340,0
Gelochter Knüppel:				
Gewicht . . . . . kg	610,6	481,3	777,2	828,5
Außen-Dmr. . . . . mm	184,2	165,1	228,6	266,7
Wanddicke . . . . „	38,0	41,3	41,3	63,5
Querschnittfläche mm²	25,18	27,86	34,98	47,38
Innerer Dmr. . . . . mm	146,2	123,8	187,3	203,2
„ Umfang . . „	458,7	388,7	588,1	638,0
Erweiterter Knüppel:				
Außen-Dmr. . . . . mm	241,3	257,2	304,8	352,4
Wanddicke . . . . . „	17,5	17,5	22,2	19,0
Innerer Umfang . . „	647,8	697,7	816,6	987,2
Verdrängtes Metall, bezogen auf 1 cm Länge des gelochten Knüppels cm²	80,0	81,1	121,6	121,9
Walzgeschwindigkeit mm/s	313,7	190,5	238,8	122,0
Verdrängung . . . . cm³/s	2982,3	2130,2	2954,5	3473,8
Ges. Energiebedarf . kW	2100	1850	2250	2600
Spez. Leistung . kW/cm³ s	0,7	0,87	0,85	0,75
Winkelstellung der Walzen	10°	11°	10°	10°

Die Erzeugung von breiten, dünnen Bandeisen und von Rohrstreifen

Die meisten Rohrstreifen-Walzwerke erfordern nicht die verfeinerte Einrichtung, die für den erfolgreichen Arbeitsvorgang eines Bandeisen-Walzwerkes notwendig ist. Für geringere und mittlere Erzeugung der kleinen Abmessungen genügt eine einfache Walzenstraße oder eine Fertigstrecke mit Umführungen und einem besonders angetriebenen Vorgerüst vollkommen, während breite Rohrstreifen in ziemlich derselben Art und Weise und derselben Walzwerkart wie Feinbleche gewalzt werden. Das kontinuierliche 330 mm-Rohrstreifen-Walzwerk, Abb. 14, ist zum Walzen von Rohrstreifen von 20 mm Breite und 1,7 bis 3 mm Dicke bis zu 196 mm Breite und 4 bis 5,7 mm Dicke mit einer Walzgeschwindigkeit aus dem letzten Gerüst von ungefähr 350 m/min bestimmt. Das Walzwerk besteht aus zehn Vorgerüsten in je vier Gruppen, die in einer solchen Entfernung von einander stehen, daß derselbe Walzstab sich niemals in mehr als einer Gruppe von Walzenständern zu derselben Zeit befindet, obwohl er gleichzeitig in zwei oder drei Gerüsten derselben Gruppe sein kann. Auch die Fertiggerüste sind so aufgestellt, daß die Walzstäbe aus einem Gerüst auslaufen, ehe sie in das folgende eintreten. Das Walzwerk wird von zwei gleichen 2500 PS-Induktionsmotoren mit 184 U/min durch Seile angetrieben.

Bei neuen Einrichtungen werden Zahnräderantriebe dem Seilantrieb vorgezogen, auch ist die Neigung vorhanden, eine größere Anzahl Motoren zu verwenden, um die vielen Zahnräder zu vermeiden. Abb. 15 zeigt ein kontinuierliches 355 mm-Walzwerk für fast dasselbe Walzprogramm wie die oben beschriebene Anlage und mit ähnlicher Stellung der Walzenständer. Bei Verwendung mehrerer Antriebmotoren ist der Unterschied in der Belastung von verschiedenen Gerüsten nicht so groß, und deshalb muß die Gesamtstärke der Motoren größer sein, als wenn die Straße durch einen oder zwei große Motoren angetrieben wird. Für dieses Walzwerk ergaben sich 6750 PS gegenüber 5000 PS für das zuerst beschriebene Walzwerk.

Bei andern Rohrstreifen-Walzwerken sind alle Gerüste so dicht hintereinander gestellt, daß ein einziger Walzstab

Abb. 14
Kontinuierliches Rohrstreifen-Walzwerk mit Seilantrieb, 330 mm Walzen-Dmr.
a Induktionsmotoren von 2500 PS bei 184 U/min k Kantgerüst

Abb. 15
Zahnradantrieb für ein kontinuierliches Rohrstreifen-Walzwerk von 355 mm Walzen-Dmr.

Motor	a	b	c	d	e
PS	1500	1000	2000	1000	1250
U/min	491	293	294	209	294

k Kantgerüst

Abb. 16
Kontinuierliches Rohrstreifen-Walzwerk mit Zahnräder- und Riemenantrieb, 250 mm Walzen-Dmr.

Motor	a	b	c
PS	2000	160	2000
U/min	234/360	250/500	161/230

k Kantgerüst

gleichzeitig in allen Gerüsten sich befinden kann. Bei diesen Walzwerken, die wenig Raum einnehmen, wird das Erzeugnis mit ziemlich hoher Temperatur gewalzt, so daß der Kraftverbrauch gewöhnlich geringer ist als bei einem Walzwerk, in dem der Walzstab zwischen den Gerüsten ausläuft. Die sieben Vorgerüste der 250 mm-Straße, Abb. 16, werden von einem 2000 PS-Motor mit einstellbarer Geschwindigkeit von 234 bis 360 U/min angetrieben, das Kantgerüst gesondert durch einen 160 PS-Motor und die Fertiggerüste durch Riemen von einem zweiten 2000 PS-Motor. Die Walzgeschwindigkeit des fertigen Stabes beträgt ungefähr 335 m/min.

Zwei der neuesten Rohrstreifen-Walzwerke werden gänzlich durch Gleichstrommotoren mit veränderlicher Geschwindigkeit angetrieben. Eine veränderliche Umdrehungszahl ist eine Notwendigkeit für ein Walzwerk, auf dem eine große Anzahl Profile gewalzt werden, und wenn kleine und mittlere Motoren verwendet werden, die nahe aneinander stehen, so ist Gleichstrom vorzuziehen. Bei zwei andern großen Platinen- und Rohrstreifen-Walzwerken wurden wegen der größeren Wirtschaftlichkeit in den Anschaffungskosten und im Betrieb Drehstrommotoren für die Vor- und Mittelwalzen und Gleichstrommotoren für die Fertiggerüste verwendet.

Die neueste Entwicklung beim Walzen von dünnen breiten Streifen ist der Gebrauch von Gerüsten mit vier Walzen mit Rollenlagern, wodurch es möglich ist, dünne Bleche in Breiten von 1220 mm oder mehr, in Längen von ungefähr 100 m zu walzen. Die Kraftersparnis durch Rollenlager beträgt ungefähr 40 vH. („The Iron Age" Bd. 122 (1928) Nr. 2 S. 87). [M 1903]

Amberg H. Illies

Eisenbahnwesen

Speisewasservorwärmer für Lokomotiven

Einen in der Anordnung und der Wirkungsweise neuartigen Speisewasser-Vorwärmer mit Pumpe, Abb. 17 bis 19, stellt die Firma Worthington, London, her. Pumpe und Vorwärmer sind getrennt voneinander auf der Lokomotive angeordnet, die Pumpe ist als liegende Kolbenpumpe, der Vorwärmer als Einspritz-Mischvorwärmer nach der Art der Mischkondensatoren ausgeführt.

Kalt- und Warmwasserzylinder *a* und *b* sind nebeneinander angeordnet und werden gemeinsam von dem dahinterliegenden Dampfzylinder *c* angetrieben. Zylinder *a* saugt über Leitung *d* das Frischwasser aus dem Tender *e* an und drückt es über *f* durch die Düse *g*, aus der es fein zerstäubt in die Vorwärmerkammer *h* eintritt. Dort mischt es sich mit dem Abdampf von den Zylindern der Lokomotive, der über die Leitung *i*, s. a. Abb. 18 und 19, die Ölabscheidekammer *k* und das Rückschlagventil *l* in die Mischkammer einströmt. Ein Teil des Pumpenabdampfes dient ebenfalls zur Vorwärmung mittels der Leitung *m*.

Das erwärmte Wasser fällt in die Leitung *n* und wird von der Warmwasserpumpe *b* über Ventil *o* in den Kessel gedrückt. Der Warmwasserzylinder ist größer als der Kaltwasserzylinder, mit Rücksicht auf die Raumvergrößerung durch das Kondensat. Damit in der Kammer *h* kein Stau des Wassers auftritt, wenn die Warmpumpe in der Förderung nicht nachkommt, mündet in die Leitung *n* ein Ejektor *p*, der das überschüssige Wasser in die Rücklaufleitung *q* fördert, von wo es auf die Ansaugeseite der Kaltpumpe gelangt. Der Ejektor wird durch den restlichen Teil des Abdampfes der Dampfpumpe betrieben. Damit dieses Rücklaufwasser nicht zu heiß in den Kaltzylinder gelangt, wird in die Hilfskammer *r* über das Ventil *s* Kaltwasser eingespritzt.

In die Kammer gelangte Rauchgase entweichen über Leitung *t* in den Schornstein, wobei mitgerissenes Wasser durch Ventil *u* in die Hilfskammer *r* abfließt. Raum *v* dient als Windkessel.

Die Bauweise und Instandhaltung des Vorwärmers, der als Gußstück hergestellt ist, ist einfach. Er soll das Kesselspeisewasser im Mittel auf 110 ° vorwärmen. Diese hohe Vorwärmung zusammen mit der Rückgewinnung von rd. 20 vH des Zylinderabdampfes — der Rest verbleibt für die Zugwirkung — ergeben eine bedeutende Brennstoff- und Wasserersparnis. („The Locomotive" Bd. 34 (1928) Nr. 431 S. 225) [M 1896] Rothhaas

Abb. 17
Schema des Worthington-Vorwärmers

a Kaltwasserzylinder
b Warmwasserzylinder
c Dampfzylinder
d Kaltwasser-Saugleitung
e Tender
f Kaltwasser-Förderleitung
g Zerstäuberdüse
h Vorwärmer-Mischkammer
i Abdampfzuleitung von den Lok.-Zyl.
k Oelreiniger
l Rückschlagventil
m Abdampfleitung von der Pumpe
n Warmwasser-Falleitung
n_1 Warmwasser-Förderleitung
o Kesselventil
p Ejektor
q Rücklaufleitung
r Hilfskammer
s Zerstäuberventil
t Abgasleitung
u Ventil
v Windkesselraum

Abb. 18 und 19. Anordnung der Vorwärmeranlage auf der Lokomotive.
w Vorwärmer *z* Pumpe

Kleine Mitteilungen

Dampfkessel mit doppeltem Wasserumlauf

Für das neue Kraftwerk Delray 3 der Detroit Edison Co., das im ersten Ausbau zwei Turbodynamos von je 50 000 kW Leistung, jede mit vier Anzapfstellen für die Speisewasservorwärmung, erhalten soll, sind bei der Stirling Boiler Co. fünf neuartige Dampfkessel mit Einender-Stokerfeuerung für je 17 t/h Kohlenverbrauch in Auftrag gegeben worden.

Diese Kessel bestehen im Gegensatz zu den bekannten Großkesseln der Stirling-Bauart im Grunde genommen je aus zwei voneinander unabhängigen Dampferzeugern. Der obere Hauptkessel mit gebogenen Siederohren hat oben drei Trommeln und unten eine Trommel. In gleicher Höhe mit der oberen Begrenzung dieses Kessels und ganz außerhalb des Rauchgasstromes liegt das Sammelrohr des Überhitzers, aus dem der Dampf für den Verbrauch entnommen wird. Unterhalb des Hauptkessels wird ein zweiter Kessel angeordnet, dessen Siederohre als Kühlrohre den ganzen Feuerraum umgeben und dessen einzige große Trommel an den Dampfraum der vordersten Trommel des Oberkessels angeschlossen wird. Der Wasserumlauf dieses Unterkessels wird von dem des Oberkessels vollkommen getrennt.

Der Kessel, der Dampf von rd. 28 at bei 370 ° erzeugen soll, wird mit Speisewasser- und Luftvorwärmern ausgestattet. Die Luft soll mit 178 ° in den Feuerraum eintreten. („Power“ 18. September 1928 S. 500) [N 3008 a] H.

Feuerung für gebrochene Kohle

Mit einer neuartigen Feuerung, bei der Kleinkohle bis zu 6 mm Korngröße in einem aufwärts gerichteten Luftstrom verbrannt wird, wurden in einer Papierfabrik in Oakfield, New York, mittlere Feuerraumbelastungen von 230 000 kcal/m³h erreicht; die Belastung konnte bis auf 370 000 kcal/m³h gesteigert werden. Der Feuerraum hat unten die Form einer umgekehrten, rechteckigen Pyramide und einen wagerecht schwingenden, zweiteiligen Rost, in dessen Mitte der Luftstrom eintritt. Der Brennstoff wird der Brennkammer durch einen geneigten Kanal zugeführt und verbrennt in der Schwebe.

Die Asche enthielt im Mittel 9 vH Verbrennliches. Schlackenbildung wird durch ununterbrochene Abführung der Asche und durch die hohe Temperatur von 620 ° am Feuerraumboden verhindert. Der Gegenstrom von Brennstoff und Verbrennungsluft und die von dem hin- und hergehenden Rost erzeugten Wirbel fördern die gute Verbrennung. Für das Brechen der Kohle auf 6 mm Stückgröße werden rd. 2 kWh/t, für den Antrieb des Rostes rd. 2 PS, für die Brennstoffzuführung rd. 1,5 PS verbraucht. („Power“ 18. September 1928 S. 486*) [N 3008 b] Le.

Handbohrmaschine mit Druckluftantrieb

Eine Handbohrmaschine mit Druckluft-Antrieb zeigte die Firma Desoutter, Bros., Hendon, in der Olympia-Ausstellung, London. Die rd. 1 kg schwere, 160 mm lange Maschine hat die Form eines Handgriffs. Der kurbellose Druckluftmotor mit 41,3 mm Gehäuse-Dmr. hat fünf Zylinder von je 11,1 mm Bohrung und 28,6 mm Hub; die Kolben arbeiten auf einen Hohlzylinder, dessen eines Ende nach einer Kurve abgeschnitten ist, während sich am andern Ende das Bohrfutter befindet; je zwei Kolben arbeiten gleichzeitig. Man kann mit der Maschine in weichen Stahl (die Festigkeit ist nicht angegeben) von 6,4 mm Dicke ein Loch von 6,4 mm Dmr. in 25 s und ein Loch von 1,6 mm Dmr. in 6 s bohren. Zum Antrieb dient Druckluft von rd. 7 kg/cm²; für die genannte Bohrleistung werden 0,11 m³ Luft gebraucht. Man kann auch ein kleines Vorgelege vor das Bohrfutter setzen. („Engineering“ 21. September 1928 S. 358*) [N 3008 c] Pa.

Die englischen Schlafwagen dritter Klasse

Mit dem Winterfahrplan werden auf den Linien der London North Eastern-, der London Midland Scottish- und der Great Western-Bahn Schlafwagen dritter Klasse eingeführt. Es sind vierachsige Wagen mit sieben Abteilen zu je vier Betten. Da die knappen englischen Umgrenzungslinien nur 2724 mm Kastenbreite gestatten, mußte der Gang, wie der nachstehende Zahlenvergleich zeigt, sehr schmal gehalten werden.

		England	Schlafwagengesellschaft	Deutsche Reichsbahn
Äußere Kastenbreite .	mm	2724	2800	2870
Bettlänge	„	1911	1890	1900
Gangbreite	„	610	744	760

Der Kastenrahmen besteht aus Teakholz mit Verkleidung aus verzinktem Stahlblech, die innere Ausstattung aus Mahagoni oder auch Teakholz. Der untere Bettrahmen hat eine Sprungfedermatratze, auf den oberen herunterklappbaren Rahmen wird eine lose Sprungfedermatratze, die am Tage als Sitz dient, aufgelegt. (Die meisten englischen Züge führen nur erste und dritte, meistens ebenfalls gepolsterte Klasse.) Die Stütze des Klapptisches ist als Leiter ausgebildet. Die Eingangstüren liegen 1,6 m vom Wagenende; in die vier Wagenecken sind zwei Waschräume und zwei Aborte eingebaut.

Der Schlafwagen der Great Western-Bahn weist wegen des voraussichtlich geringeren Bedürfnisses nur drei Schlafabteile neben fünf gewöhnlichen Abteilen auf.

Täglich laufen 14 solche Schlafwagen von London nach Schottland, einzelne bis Inverness (906 km), nach Wales und über Plymouth nach Penzance. Die Zuschläge zur Fahrkarte betragen nur 6 bis 7 sh. (The Railway Gazette Bd. 49 (1928) S. 355) [N 3008 f] M.

Eisenbahnfähre New Orleans–Havanna

Die im Bau befindliche Eisenbahnfähre „Seatrain“ für den Güterverkehr New Orleans – Havanna weicht von den üblichen Fährdampfern wesentlich ab. Die Güterwagen werden nicht über die Schiffsenden auf- oder abgefahren, sondern mittels eines Kranes mittschiffs überladen. Das Schiff selbst enthält drei Stockwerke mit je vier Gleisen, so daß 90 vierachsige Güterwagen aufgenommen werden können. Unter der Verladeöffnung liegen im Zuge der Gleise Schiebebühnen; die einzelnen Wagen werden mit diesen Bühnen herausgehoben oder eingeladen. Der Betrieb soll möglichst so vor sich gehen, daß die Bühne, die einen Wagen aus dem Schiff herausbringt, wieder einen Wagen einladet.

Der Fährdienst soll im Dezember aufgenommen werden. Man rechnet für die Fahrt New Orleans – Havanna 52 h, für Entladen und Neubeladen 10 h. („Railway Age“ 15. September 1928 S. 492*) [N 3008 g] M.

Zentralschmieranlage für ein Sägewerk

Die Long Bell Lumber Co. in Longview, Wash., hat in ihrem Sägewerk eine für alle Maschinen gemeinsame Druckschmierung eingerichtet. Die Zentralschmieranlage in der Abteilung zum Schneiden von Bauholz besteht aus acht Ölpumpen mit je 14, also zusammen 112 Ölleitungen. Die Pumpen stehen in zwei Reihen auf einer Platte, unter der eine Welle eine schwingende Drehbewegung ausführt. Diese Welle treibt mittels auf ihr befestigter Winkelhebel die Pumpenkolben an. Jedes Pumpenventil kann auf die an der betreffenden Schmierstelle erforderliche Ölmenge eingestellt werden. Die Ölleitungen sind zusammen rd. 2270 m lang.

Da an den verschiedenen Schmierstellen verschiedene Arten von Öl gebraucht werden, sind für die Ölpumpen acht Ölbehälter vorhanden, die die für die angeschlossenen Schmierstellen notwendige Ölart enthalten. Aus Gründen der Feuersicherheit sind die Behälter außerhalb des Hauses unterirdisch gelagert. Die gesamte Anlage wird nur von einem Mann verantwortlich bedient. („Power“ 18. September 1928 S. 481*) [N 3008 i] Schr.

Entgasen von Nutzwasser

Gase, die dem Wasser einen schlechten Geruch geben, werden in der Kläranlage von St. Paul, Minn., mittels verdichteter Luft ausgetrieben. Mittels eines Rohres, das im Mantel 0,5 mm weite Löcher hat, wird verdichtete Luft von rd. 2,5 at durch das in einen Mischbehälter eintretende Wasser hindurchgeblasen, wobei das Wasser gleichzeitig mit Aluminiumsulfat durchsetzt wird. Die Luft vertreibt nicht nur die im Wasser befindlichen übelriechenden Gase, sondern sättigt es auch mit Sauerstoff und vermindert den Verbrauch von Chlor.

Der Luftverdichter verbraucht 30 PS und verdichtet täglich rd. 3600 m³ Luft, was im Mittel für das Entgasen von 189 000 m³ Wasser genügt. Die Anlage ist 2½ Jahre im Betrieb, die Kosten für die Durchlüftung von 1000 m³ Wasser betrugen im Durchschnitt rd. 0,27 ℳ. („Engineering News Record“ 13. September 1928 S. 401*) [N 3008 h] Schr.

Berichtigung.

Schwere Schienen auf amerikanischen Eisenbahnen

Die Angaben in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 35 S. 1238 sind so aufzufassen, daß die aufgeführten Kilometerzahlen die Netzlängen der an der Umfrage beteiligten Eisenbahnen bedeuten, und daß diese in ihrem Netz die angegebenen Schienengewichte als schwerste Schienen verwenden. [N 3005]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Georg Agricola. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. In neuer deutscher Übersetzung herausgeg. von der Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum. Berlin 1928, VDI-Verlag. 563 S. m. Abb. Preis 45 *RM*, Ganzpergament 75 *RM*.

Die Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum hat bei der 25. Jahresversammlung des Museums das Bergwerksbuch des berühmten Naturforschers und Darstellers des mittelalterlichen Berg- und Hüttenwesens, Georg Agricola, in deutscher Sprache neu herausgegeben und sich hierdurch ein außerordentliches Verdienst um die Geschichte der Technik erworben.

Agricola hat seine Werke im Sinne der damaligen Zeit der Renaissance in lateinischer Schrift verfaßt. Sein Hauptwerk De Re Metallica, libri XII, erschien 1556 bei Froben in Basel. Eine deutsche Ausgabe von Bechius folgte allerdings schon im folgenden Jahre, sie gibt jedoch Agricolas Ansichten und Beschreibungen so wenig getreu wieder, daß sie nur geringe Bedeutung erlangt hat und für unsere heutige Zeit gar nicht zu gebrauchen ist. Es war daher ein verdienstvolles Werk, die 12 Bücher vom Berg- und Hüttenwesen Agricolas durch eine neuzeitige deutsche Übersetzung für die Jetztzeit nutzbar zu machen, besonders, nachdem vor einigen Jahren eine sehr gute Übersetzung in die englische Sprache durch den amerikanischen Bergingenieur Hoover erfolgt war.

Besonderer Dank gebührt hierbei den Mitarbeitern für die Art und Weise, wie das nunmehr vorliegende Werk übersetzt und bearbeitet worden ist. Es sind dies in erster Linie Professoren der Bergakademie in Freiberg, Geh. Bergrat, Dr.-Ing. E. h. Schiffner, Prof. Dr.-Ing. Schumacher, Geh. Bergrat Dr.-Ing. E. h. Treptow, Prof. Dr. phil. Wandhoff und Prof. Dr. phil. Knauth, Freiberg, sowie Dr. phil. Darmstätter, München, Dr.-Ing. Pieper, Magdeburg. Prof. Dr.-Ing. Tafel, Breslau, und Prof. Dr. phil. Bales, München.

Ein glücklicher Gedanke war es, daß die Mitarbeiter bei der Übersetzung sich möglichst eng an die Urschrift gehalten und auch nur wenige, durchaus notwendige Anmerkungen gemacht haben. Hierdurch ist der Geist Agricolas in seiner Ursprünglichkeit am besten erhalten geblieben. Die Ausstattung des Buches ist der Bearbeitung durchaus würdig. Die Reichsdruckerei hat sich in hervorragender Weise ebenfalls eng an das Original gehalten, ganz besonders in bezug auf die künstlerische Wiedergabe der vielen erklärenden Bilder. So ist ein mustergültiges Werk entstanden, das den Fachgenossen, aber auch allen technisch eingestellten Deutschen viel zu sagen hat.

Agricola war nicht Bergtechniker oder Hüttenmann, er war der naturwissenschaftlich geschulte Gelehrte, der mit gründlicher Kenntnis der älteren Schriftsteller eine vorzügliche Beobachtungsgabe und selbständiges Denken vereinigte; diese Eigenschaften befähigten ihn, seine eigenen Erfahrungen wissenschaftlich auszuwerten und sie in hervorragender Weise darzustellen und zu vertreten. Agricolas Verdienst ist es, für das Berg- und Hüttenwesen die erste wissenschaftliche Grundlage geschaffen zu haben. Sein Bergwerksbuch ist über ein Jahrhundert maßgebend und unübertroffen geblieben. Es ist hier nicht der Ort, auf Einzelheiten seines großen Werkes einzugehen, aber es gewährt einen wahren Genuß zu erfahren, wie er entgegen den Ansichten der meisten seiner Zeitgenossen wissenschaftlich gedacht hat. Ich verweise hier nur auf seine Ansichten über Alchemie und Rutengängerei. Vielleicht in der Form etwas anders, aber besser könnte kein wissenschaftlich geschulter Berg- und Hüttenmann der heutigen Zeit sich hierüber auslassen.

Agricola gehört zu den deutschen Großen der Technik und der Naturwissenschaften. Seine Bergbücher im neuen prächtigen Gewande werden ihm durch ihren gediegenen Inhalt, obwohl sie bald 400 Jahre alt sind, neue Freunde und Anhänger erwerben, weil er sein Leben lang getreulich der Wissenschaft und damit der Wahrheit gedient hat.

[E 1973] Schwemann

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. 300. H.: **Wärmedurchgang bei einfachen Körpern und Maschinen.** Vorträge auf der 2. Tagung des Ausschusses für Wärmeforschung im Verein deutscher Ingenieure. Von G. Eichelberg, H. Gröber, M. Jakob, A. Nägel, W. Nußelt, L. Richter. Berlin 1928, VDI-Verlag. 71 S. m. 108 Abb. und 22 Zahlentaf. Preis 9 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 8 *RM*.

Die Vorträge und Aussprachen von der 2. Tagung des Ausschusses für Wärmeforschung, die hier zusammengestellt geboten werden, sind für alle Ingenieure wichtig, die mit Fragen des Wärmeüberganges und Wärmedurchgangs in Maschinen zu tun haben. H. Gröber, Charlottenburg, berichtet über Temperaturverlauf und Wärmeströmungen in periodisch erwärmten Körpern auf Grund mathematischer Behandlung. Die Arbeit ist grundlegend für viele praktische Zwecke, Winderhitzer, Wärmespeicher mit regelmäßigen Betriebspausen, Beurteilung der Wärmespannungen von Hochdruckapparaten usw. Berechnet werden die Speicherwärmen, die Eindringtiefe der Oberflächentemperaturwellen. M. Jakob, Berlin, behandelt die Streitfrage des Wärmeübergangs bei kondensierendem Dampf, die durch besondere Versuche geklärt wird. Vorläufig scheinen die Vorversuche die Nußeltsche Wasserhaut-Theorie zu bestätigen.

W. Nußelt, München, hat die vorhandene Literatur über Wärmeübertragung zwischen Arbeitsmittel und Zylinderwand in Kolbenmaschinen kritisch gesichtet. Der Überblick behandelt die Verhältnisse in Dampfmaschinen, Kältemaschinen und Verbrennungskraftmaschinen. A. Nägel, Dresden, bringt einen Bericht über den Wärmeübergang zwischen Dampf und Zylinderwand bei der Gleichstrom-Dampfmaschine auf Grund experimentell bestimmter Wandtemperaturdiagramme. Die praktisch wertvollen Erkenntnisse gipfeln in der Feststellung, daß der Wärmeübergang am Zylinderdeckel der Gleichstrom-Dampfmaschine von nur geringem Einfluß bleibt.

G. Eichelberg, Winterthur, hat den zeitlichen Verlauf der Wärmeübertragung im Dieselmotor untersucht. Aus den Temperaturdiagrammen wurden die Wärmeübergangszahlen ermittelt und ihr zeitlicher Verlauf dargestellt, der den starken Einfluß des Gasdruckes und die Erhöhung des Wärmeübergangs während der Verbrennung zeigt. L. Richter, Wien, hat die Fragen zusammengestellt, die bei der Kühlung von Fahr- und Flugzeugmotoren, der wissenschaftlichen Klärung bedürfen.

[E 1846] Hencky

Theorie der zusammengesetzten Waagen. Von Jul. Zingler. Berlin 1928, Julius Springer. 203 S. m. 53 Abb. Preis 15 *RM*.

Das 200 Seiten starke Buch ist im Teil 1 (Allgemeines über Waagen) und im Teil 2 (Waagen mit fester Einspielungslage), so wie der Titel versichert, reine Theorie und infolgedessen nur für die wenigen in Eichbehörden und Waagenbaufirmen tätigen Wissenschaftler von Wert, weil es in der Zinglerschen Arbeit an genügenden Hinweisen auf Übertragung der gewonnenen Ergebnisse in die Praxis fehlt.

Die mathematischen Ableitungen sind an manchen Stellen nicht ganz klar. Es wäre von Vorteil für das Buch, wenn der mathematische Teil etwas kürzer gefaßt und an seine Stelle die graphische Statik treten würde.

Die Gliederung und der Aufbau sind mit großer Sorgfalt und Systematik durchgeführt. Der erste Teil „Allgemeines" führt dem Leser den Zweck des Wägens und die Hilfsmittel in klarer Weise vor Augen. Die für die Konstruktion der Waage notwendigen Gesetze der Mechanik werden entwickelt und die einzelnen Waagengrundsysteme angeführt.

Der zweite Hauptteil beschäftigt sich in der Hauptsache mit der Aufstellung von Gleichungen für die verschiedenen Hebelsysteme der Waagen mit Gewichtschale und mit Laufgewicht. Einen breiten Raum nehmen die Wägungsgleichungen (Gleichgewichtsbedingungen) und die Fehlergleichungen der verschiedenen Waagensysteme ein. Hier werden sehr gute Unterscheidungen in Teilungs- und Biegungsfehler gemacht.

Sehr beachtenswert sind die Kapitel über „Prüfung und Justierung der Waagen". Den größten Raum dieses Abschnittes nimmt die Prüfung von Laufgewichtsbalken ein.

Der recht gute dritte Teil über „Neigungswaagen" behandelt ein in der technischen Literatur noch recht wenig bekanntes Gebiet. Dieser als Anregung für spätere Arbeiten zu wertende Abschnitt bringt die Berechnung einer symmetrischen Skala für die Einhebel-Neigungswaage mit Lastschneide und geht auch schon auf den Einfluß der Zugstange und der Hebel des Unterbaues auf die Anzeigegenauigkeit ein.

Der letzte Abschnitt über „Neigungswaagen mit Kurvenscheiben und Metallband" ist nur theoretisch beachtenswert. Hier fehlt völlig die Verbindung mit der Praxis.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das vorliegende Buch theoretische Klarlegungen bringt, die befruchtend auf die Industrie einwirken können; es ist aber zu sehr vom Standpunkt des Eichungstheoretikers geschrieben und wird daher hauptsächlich nur von denjenigen gelesen werden, die beruflich mit dem Eichwesen zu tun haben. [E 1848] Dinse

Das Weltreich der Technik. Entwicklung und Gegenwart. Von Artur Fürst. 4. Bd. Berlin 1927, Ullstein. 538 S. m. 963 Abb. Preis 36 RM.

Den letzten Band dieses umfangreichen Werkes hat nach dem viel zu frühen Tode des Verfassers sein Freund Hans Dominik zu Ende geführt. Er behandelt Lastenförderung, Kraftmaschinen, elektrischen Starkstrom und zeigt Fürsts gründliche und eindringlich-verständliche, um nicht zu sagen: elegante, Darstellung naturwissenschaftlich-technischer Fragen in hellstem Licht. Selbst verwickelte Dinge versteht er auch denen nahezubringen, denen technisches Denken fernliegt, für den Techniker ist es doppelt erfreulich, zu lesen, wie der Verfasser, aus seiner vielseitigen Bildung schöpfend, großzügig über wichtige Fragen unseres Faches spricht und damit dem Vorurteil von der mechanisierenden, einseitigen Technik entgegenarbeitet. Unter den zahlreichen Abbildungen verdienen besondre Erwähnung jene, die wichtige physikalische Gesetze sowie technische Anwendungen anschaulich erläutern.

Bei aller Bewunderung der Fürstschen Arbeit kann man die Frage nicht unterdrücken: wem dieses Werk eigentlich dienen soll. Fachlich im engeren Sinn ist es nicht; vielmehr wendet es sich an den sehr großen Kreis technisch interessierter Laien. Dem wird es aber meist zu teuer sein. Ferner geht das Interesse des Laien selten so weit, wie es den teilweise tief eindringenden Beschreibungen dieses Buches entspricht. Was den Laien an technischen Fragen interessiert, sind im übrigen vor allem die sachlichen Zusammenhänge ohne ausführliche historische Erörterungen. Dem Fachmann mag das Buch immerhin zur Orientierung über die dem einzelnen fernerliegende Fragen dienlich sein. [E 1838] Arnold Meyer

Mitgliederverzeichnis des Vereines deutscher Ingenieure. Abgeschlossen am 1. April 1928. Berlin 1928, VDI-Verlag. 294 S. Preis 6 RM, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 RM.

Das Mitgliederverzeichnis eines Vereines von 30 000 Angehörigen bedeutet mehr als eine trockene Aufzählung von Anschriften; es liefert, richtig ausgewertet, auf jeden Fall wertvolle Auskünfte und Unterlagen in verschiedener Richtung. Außer den Namen sämtlicher Mitglieder enthält das Verzeichnis gedrängte aber vollständige Angaben über die Entwicklung und Verwaltung des Vereines, über Mitgliederbewegung und Hauptversammlungen seit der Vereinsgründung, über Vorstände der Bezirksvereine und Zusammensetzung der Ausschüsse, ferner Beachtenswertes für Mitglieder und eine Karte der Bezirksvereinseinteilung. Die übersichtliche Anordnung des Mitgliederverzeichnisses lehnt sich an die bewährten Fernsprechverzeichnisse der Reichspost an und erleichtert damit die Benutzung. [E 2034]

Wärme- und Kälteverluste isolierter Rohrleitungen und Wände. Tabellarische Zusammenstellung für die Praxis. Herausgeg. von Grünzweig & Hartmann G. m. b. H. Berlin 1928, Julius Springer. 269 S. Preis 16 RM.

Vom Rost und vom Eisenschutz. Altes und Neues. Von Manfred Ragg. Berlin 1928, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 119 S. m. 49 Abb. Preis 8,30 RM.

Wasserabfluß durch Stollen. Von Ernst Schleiermacher. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 55 S. m. 31 Abb. Preis 5,50 RM.

Grundlagen für das Bauen in Stadt und Land. Von Georg Steinmetz. 1. Bd.: Körper und Raum. München 1928, Georg D. W. Callwey. 448 S. m. 1785 Abb. Preis 24 RM.

Il nuovo ponte sulla Piave a Belluno. Von Eugenio Miozzi. Roma 1927, Stabilimento tipolitografico del genio civile. 47 S. m. zahlr. Abb. und Taf.

Die Stahlkirche. Evangelischer Kultbau auf der Pressa Köln 1928. Von Paul Girkon, mit einem Vorwort von Otto Bartning. Berlin 1928, Furche-Kunstverlag. 54 S. m. Abb. Preis 2,40 RM.

Kauf- und Warenhäuser aus aller Welt. Ihre Architektur und Betriebseinrichtungen. Bearb. von Georg Grimm. 4. Aufl. des früheren Werkes: Aus den Warenhäusern beider Welten. Berlin 1928, L. Schottlaender & Co. 326 S. m. Abb. Preis 21 RM.

Die kleine Wohnung in der Ausstellung Heim und Technik München 1928. Mit einer Einführung **„Das ideale Heim von heute"**. Von O. O. Kurz. München 1928, Georg D. W. Callwey. 68 S. m. Abb. Preis 0,80 RM.

Die Bildtelegraphie. Von Gerhard Fuchs. 2. Aufl. Berlin 1928, Georg Siemens. 141 S. m. 37 Abb. Preis 7,50 RM.

Produktionsprozesse. Herausgeber H. Nicklisch. 4. H.: **Der betriebswirtschaftliche Produktionsprozeß einer Kokerei.** Von Erna Haarmann. Stuttgart 1928, C. E. Poeschel. 61 S. m. Abb. Preis 5,50 RM.

Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens 1927. Herausgeg. vom Bund der Elektrizitätswerke der neuen Gebiete Rumäniens. Hermannstadt Sibiu, Elektrizitätswerk. 110 S. m. 1 Plan. Preis 6 RM.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. 7. Bd. 1. H. Herausgeg. von d. Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns. Berlin 1928, Julius Springer. 382 S. m. Abb. Preis 38 RM.

Lichttechnische Hefte der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft E. V. 1. H.: **Moderne Lichttechnik in Wissenschaft und Praxis.** Von J. Teichmüller. Berlin 1928, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 125 S. m. 90 Abb. Preis 6,50 RM.

Das Glas in Einzeldarstellungen. Herausgeg. von Georg Gehlhoff und Karl Quasebarth. 10. Bd.: **Die Glasveredelung.** Von Karl Hesse. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft. 109 S. m. 28 Abb. Preis 7 RM.

Schriften zu Studien über Wirtschaft, Recht und Politik. Herausgeg. von Erwin R. Marschall. 4. H.: **Die deutsche Automobilindustrie.** Von Otto Meibes. Berlin-Friedenau 1928, Markwart-Verlag. 169 S. Preis 8,50 RM.

Beiträge zur Giftkunde. 1. H.: **Gifte im Holzgewerbe.** Von Louis Lewin. Berlin 1928, Georg Stilke. 23 S. Preis 1,50 RM.

See-Sport-Park. Seesportanlage-Landanlage. Von Joseph Nikolaus. Hamburg 1928, Boysen & Maasch. 78 S. m. 18 Abb. Preis 5 RM.

Die Reichsdruckerei in Berlin. Herausgeg. von d. Direktion der Reichsdruckerei. Berlin 1928, Selbstverlag. 55 S. m. Abb. Preis 2 RM.

Statistisches Handbuch für die deutsche Maschinenindustrie. 1928. Herausgeg. vom Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten (VDMA). Berlin-Charlottenburg 1928. 153 S. Preis 3 RM.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 72 | SONNABEND, 20. OKTOBER 1928 | Nr. 42

Die Großwasserkraftanlage am Shannon

Die Bauarbeiten

Von Dr.-Ing. M. Enzweiler, Berlin

(Hierzu Bildbl. 40 und 41)

Zweck, Lage und Leistung des Werkes. — Kosten, Bauzeit, bewegte Massen. — Boden-, Wetter- und Arbeiterverhältnisse. — Beschreibung der Erd- und Felsarbeiten und der Kunstbauten. — Hilfsmittel für den Baubetrieb, Betonaufbereitanlagen, Werkstätten, Baukraftwerk, Maschinen und Geräte.

Lage des Bauwerkes

Im Jahre 1925 beschloß die Irische Regierung den Ausbau des größten Flusses Irlands, des Shannon, zum Zwecke der einheitlichen Versorgung des Irischen Freistaates mit elektrischer Kraft[1]). Im nachfolgenden werden die Bauarbeiten eingehender besprochen, dabei wird der Entwurf nur soweit gestreift, als es zum allgemeinen Verständnis erforderlich ist.

Der Entwurf, der von den Siemens-Schuckertwerken aufgestellt und nach Prüfung durch vier internationale Sachverständige von der Irischen Regierung zur Ausführung genehmigt wurde, sieht die Ausnutzung des Shannon auf einer Strecke von etwa 27 km vor, und zwar an der gefällreichsten Strecke oberhalb des Ortes Limerick. Hier hat der Fluß 30 m Gefälle. Oberhalb der Strecke liegen drei große Seen, die als natürliche Speicherbecken angesprochen werden können. Insofern sind die Grundlagen für einen wirtschaftlichen Ausbau an dieser Stelle gegeben, Abb. 1.

Ausbauleistung und Baukosten

Der jetzige Kraftbedarf des Freistaates Irland beträgt nur etwa 45 Mill. kWh im Jahr, entsprechend 15 kWh je Kopf und Jahr bei einer Bevölkerung von 3 Mill. Die neue Wasserkraftanlage wird in der Lage sein, im ersten Ausbau und im trockensten Jahr 150 Mill. kWh und im Vollausbau bis 500 Mill. kWh im Jahr zu liefern, das ist rd. das zehnfache des heutigen Bedarfes. Entsprechend den erwarteten allmählichen Steigerungen im Stromverbrauch ist der Ausbau des Shannon in mehreren Staffeln geplant. Der erste Ausbau, der zur Zeit im Bau begriffen ist, ermöglicht die Erzeugung von 150 Mill. bis 370 Mill. kWh und nützt ein Gefälle des Shannon im Mittel von 30 m in drei Maschinensätzen von je 38 600 PS aus.

Die Kosten für den ersten Teilausbau betragen ohne Leitungen und Umformerwerke etwa 70 Mill. RM. Unter Zugrundelegung einer Tilgung in 40 Jahren und eines Zinsfußes von 5,5 vH sind die Erzeugungskosten im Teilausbau am Krafthaus mit 3,5 Rpf/kWh einzusetzen.

Abb. 1 Lageplan des Kraftwerkes.

a Krafthaus
b Vollausbau
c Rechen
d Wasserschloß
e Schiffsschleuse
f Leerschuß
g Freiluftschaltwerk
I bis VI Druckrohre

Einteilung der Bauarbeiten

Die Bauarbeiten bestehen hauptsächlich in der Errichtung eines Wehres, das den Wasserspiegel rd. 7,50 m über dem jetzigen Mittelwasserspiegel anstaut, nebst Einlaufbauwerk, in der Eindeichung von 10 km Flußstrecke oberhalb des Wehres, in einem 12 km langen Obergraben, der für 550 m³/s Wassermenge ausgebaut ist und gleichzeitig der Schiffahrt dient, sowie eines Krafthauses, zunächst für drei, im Vollausbau für sechs Turbinen, einschließlich der Herstellung des Wasserschlosses, sowie einer Doppelschleuse, endlich in der Herstellung des etwa 2 km langen Untergrabens bis zum Auslauf in den Shannon.

Bauzeit und Umfang der Arbeiten

Für die Durchführung der Bauarbeiten ist eine Bauzeit von nur dreieinhalb Jahren festgesetzt. Innerhalb dieser Zeit gilt es, in einem Lande, das keine entwickelte Bauindustrie aufweist und das infolgedessen keine geschulten Kräfte, keine Baumaschinen besitzt, die Durchführung großer Arbeiten in einem Umfang ähnlich den unserer großen Kanalbauten in Deutschland vorzunehmen. Innerhalb der dreieinhalbjährigen Bauzeit, von der etwa ein Jahr für das Errichten der Bauplätze und Baumaschinen abgerechnet werden muß, also bis zum Herbst 1929, sind folgende Arbeiten zu leisten:

- Aushub von etwa 8 Mill. m³ Erde,
- Beseitigung von etwa 1,2 Mill. m³ Fels,
- Herstellung von 25 km wasserdichten Dämmen in wechselnder Höhe bis zu 20 m,
- 1 Mill. m² Schotterabdeckung der Kanalflächen,
- Herstellung von 250 000 m³ Beton für den Bau des Wehres, des Kraftwerkes, des Wasserschlosses, der Schleusen, der Brücken, Düker usw.

Im Rahmen dieser Abhandlung können die Bauarbeiten nicht in allen Einzelheiten behandelt werden, daher sollen hier nur die wichtigsten Bauwerke, wie Obergraben, Wehr und Krafthaus besprochen werden, wobei besonders auf die Einrichtung der Bauplätze und die zur Verwendung kommenden Baugeräte hingewiesen wird.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 30.

Boden-, Wetter- und Arbeiterverhältnisse

Der Querschnitt des Obergrabens ist in Abb. 2 dargestellt. Darunter ist zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse ein Querschnitt des erweiterten Kaiser-Wilhelm-Kanals beigegeben, Abb. 3. Da spätere Verstärkungsarbeiten für den Vollausbau während des Betriebes unbequem sind, ist der Querschnitt von vornherein für den Vollausbau ausgebaut worden. Der Kostenaufwand für den Obergraben einschließlich der drei über ihn gespannten Brücken beträgt 20 Mill. RM. Seine Herstellung stellt an Organisation und an Arbeitsmaschinen die größten Anforderungen insofern, als die geologischen, die klimatischen und die örtlichen Verhältnisse ungünstig sind und dadurch die Durchführung des Baues in kurzer Zeit äußerst erschwert wird.

Die geologischen Verhältnisse sind insofern ungünstig, als auf etwa der Hälfte der Strecke roter Mergelboden ausgehoben werden muß, der mit Steinen durchsetzt ist und daher die Baggermaschinen außerordentlich stark beansprucht. Der Mergelboden ist zwar in bezug auf Wasserdichtigkeit ausgezeichnet, da bei einem Gefälle von 1 : 1 nur eine Durchlässigkeit von 0,04 l/m^2h festgestellt worden ist. Wegen seiner leichten Übersättigung mit Wasser ist er jedoch für die Dammschüttung wenig geeignet, weil bei leichter Übersättigung die Schubfestigkeit sehr rasch abnimmt und dadurch der Baustoff zum Fließen kommt. Daher kann diese Bodenart nur bei äußerster Vorsicht für die Dammherstellung verwendet werden.

Außerdem regnet es in Irland an etwa 270 Tagen im Jahr, so daß die Gefahr der Wasserdurchsättigung des Mergels beim Baggern und Einbringen in die Dämme besonders groß ist, während der trocken eingebaute Boden durch den nachfolgenden Regen der Gefahr des Fließens nur sehr wenig ausgesetzt ist. Etwa 10 bis 15 vH dieses Mergels mußten daher infolge Wasserübersättigung für die Verwendung in den Dämmen ausgeschlossen werden.

Der Obergraben durchquert eine etwa 1 km lange Moorstrecke, Abb. 4. Zur Verringerung der Kosten hat man den Moorboden nur auf zwei Drittel entfernt, während der luftseitige Dammfuß auf dem Moorboden aufsitzt und durch Steine zusätzlich belastet wird. In Abb. 5 ist der Obergraben an der Stelle dargestellt, wo er eine Triebsandschicht durchquert. Hier hat man die Triebsandschicht unter dem Damm belassen, ihr Ausweichen jedoch nach der Wasserseite durch Einbau von Querriegeln aus Felsmaterial verhindert.

Die klimatischen Verhältnisse sind bei der Durchführung größerer Erdarbeiten in Irland infolge der außerordentlichen Häufung von Regentagen als besonders ungünstig zu bezeichnen. Diese wirken sich im Ausfall von Arbeitsschichten sowie im Aufweichen der Gleisunterbauten und Versacken der schweren Baumaschinen fortschritthindernd aus.

An dieser Stelle seien auch die besonders ungünstig liegenden örtlichen Verhältnisse erwähnt, insofern, als ein

Abb. 2
Querschnitt des Obergrabens für die Shannon-Wasserkraftanlage.

Abb. 3
Querschnitt des Kaiser-Wilhelm-Kanals.

brauchbarer Arbeiterstamm für die Bauarbeiten in Irland nicht vorhanden ist. Der irische Arbeiter, der zur Verfügung steht, ist für schwere körperliche Arbeit nicht geeignet; seine Nahrung besteht vielfach aus Tee mit Weißbrot. Häufiger Wechsel der Belegschaft, häufige Unfälle und Instandsetzungen der Geräte sind die wirtschaftlichen Nachteile des Mangels eines geeigneten Arbeiterstammes. Es war daher nötig, soweit wie möglich eine Zwangläufigkeit in den Betrieb hineinzubringen mittels des Ersatzes der Handarbeit durch die Maschinenarbeit. Demzufolge sind bei den Bauarbeiten am Obergraben nur schwere, leistungsfähige Maschinen neuester Bauart zur Verwendung gekommen.

Bodenaushub am Obergraben

Die Herstellung des Planums für die Aufnahme des Bodenbetriebes wurde durch kleine, den Hauptarbeiten vorauseilende Löffelbagger, auf Raupen laufend, bewirkt. Gute Dienste taten die beweglichen, über Hindernisse hinweglaufenden Maschinen beim Roden von Hecken und bei der Beseitigung von Bäumen, Abb. 6. Auch die Beseitigung des Mutterbodens in einer Schicht von 20 cm, der seitwärts abgelagert werden mußte und zur Wiederandeckung der Dammflächen dient, wurde fast ausschließlich ohne Zuhilfenahme von Handarbeit durchgeführt. Hier kamen kleine, auf Raupen laufende Eimerkettenbagger zur Verwendung. Bei der Breite des für den Obergraben in Anspruch genommenen Geländes von teilweise 250 m waren mehrere Flachschnitte der Eimerkettenbagger hintereinander erforderlich, Abb. 7[2]). Zwei Eimerkettenbagger beseitigen von der Kanalachse aus nach der Luftseite den Mutterboden in einer solchen Ausdehnung, wie die Eimerleiter des Gerätes dies zuläßt, und fördern mit Hilfe des am Bagger angebrachten Gurtförderers den Mutterboden nach rückwärts. Ein zweiter Satz läuft hinter dem ersten und bringt die vom ersten Baggerpaar zurückgeworfenen

[2]) Abb. 7 bis 11 und 13 s. Bildblatt 40, Abb. 17, 22, 24, 25 s. Bildblatt 41.

M. 1 : 1250.

Abb. 4
Obergraben, Querschnitt im Moorboden.

M. 1 : 1250.

Abb. 5
Obergraben. Querschnitt im Schwimmsand.

Mutterbodenmengen weiter rückwärts, bis sie außerhalb des Profiles liegenbleiben. Handarbeit ist bei diesem Verfahren fast gänzlich vermieden worden.

Für die Hauptarbeit des Bodenaushubes dienen sechs große Eimerkettenbagger auf Schienen mit einem Eimerinhalt von 250 l und einem Gewicht von 220 t, die Bagger erfordern je 150 PS Leistung. Abb. 8 zeigt die Eimerkettenbagger, die den Graben bis auf 17,5 m Tiefe ausbaggern können. Die Frage, ob Eimerkettenbagger oder Löffelbagger für die Durchführung der großen Erdbewegung vorzuziehen seien, hat sich zugunsten des Eimerkettenbaggers entschieden, hauptsächlich deshalb, da von ihm der genaue Obergrabenquerschnitt in den vorschriftsmäßigen Böschungen hergestellt werden kann, während beim Löffelbagger erhebliche Nacharbeiten in Frage gekommen wären. Es muß zugegeben werden, daß bei der Schwere des angetroffenen Bodens die größere Leistungsfähigkeit des Eimerkettenbaggers nicht voll zur Geltung kommt, sondern der Eimerkettenbagger bei dieser Bodenart an der Grenze seiner Verwendbarkeit liegt.

Herstellung der Obergrabendämme

Während der Aushub des Bodens hauptsächlich eine Frage der Förderorganisation war, ist bei der Herstellung der Dämme der Vorgang von wesentlich größerer Bedeutung. In Irland ist zum erstenmal ein Gerät für die Herstellung von Dämmen verwendet worden, das bisher im Tiefbau nicht Verwendung fand. Es ist die Absetzmaschine, Abb. 9. Die Maschine ist deshalb für die Herstellung von Dämmen besonders geeignet, da bei ihr neben großer Leistung auch zwei technische Bedingungen erfüllt werden:

1. Aussondern des Schüttgutes,
2. Verfestigen des Schüttgutes.

Ein wasserdichter Damm entsteht dadurch, daß die dichteren und feineren Bestandteile an die Wasserseite des Dammes gelangen, die gröberen an die Luftseite. Mit Hilfe des Absetzers wird es ohne weiteres möglich, das Schüttgut dahin zu bringen, wo es seiner Beschaffenheit nach hingehört. Der Boden wird durch den freien Fall verdichtet und erreicht die Festigkeit des gewalzten Bodens.

Abb. 6
Löffelbagger beim Roden von Hecken und Beseitigen von Bäumen.

Der Absetzer, der für die besonderen Aufgaben beim Wasserkraftbau eigens gebaut worden ist, arbeitet folgendermaßen: das Schüttgut wird einer 2 m tiefen Vorkippe, die sich der Absetzer selbst aushebt, zugeführt. Zwei Eimerketten führen über einen Schüttrumpf das aufgehobene Gut zu einem Gurtband, das an einem etwa 30 m langen Ausleger befestigt ist. Das Gurtband kippt das Schüttgut auf einen darunterliegenden Gurt, der umsteuerbar und längs des Auslegers verfahrbar ist, so daß durch Steuerung des unteren Gurtbandes die Schüttweite insgesamt 40 m bei 15 m Schütthöhe betragen kann. Je nach Art des Bodens kann man gleichzeitig mit dem Schütten an der Abfuhrstelle Wasser zusetzen, wodurch das Schüttgut eingeschlemmt wird.

Der Absetzer hat erheblich dazu beigetragen, die Handarbeit bei der Dammschüttung zu verringern. Der Arbeitsvorgang ist gegenüber den meist üblichen Verfahren mit Verwendung von Handkippen einfach und leistungsfähig. Die Kippgleise beim Handbetrieb auf dem aufgeweichten Boden in einer sicheren Lage zu erhalten, hätte die Bauarbeiten bei den häufigen Regentagen außerordentlich behindert. Mit Hilfe dieses Absetzers, der bei richtiger Beschickung mit Leichtigkeit 250 bis 300 m³/h leistet, hat man auch gleichzeitig den Mutterboden auf dem oben beschriebenen Wege wiederangedeckt. Die Nacharbeiten bei der Planierung des Dammes sind auf ein Mindestmaß eingeschränkt worden.

Insgesamt sind für die Bodenbewegung im Obergraben etwa sieben kleine mit Rohöl angetriebene Raupen-Eimerkettenbagger nach Abb. 7, sechs große elektrisch angetriebene Eimerkettenbagger nach Abb. 8, vier kleine auf Raupen laufende Dampflöffelbagger nach Abb. 6 und vier große 2 m²-Dampflöffelbagger auf Raupen vorgesehen, so daß für den Obergraben allein 21 Bagger arbeiten, die Löffelbagger für die Felsarbeiten nicht mitgerechnet. Außerdem sind vorhanden 85 Dampflokomotiven von 900 mm Spur und 220 PS Leistung, ferner 900 eiserne Selbstkipper von 5,3 und 4,3 m³ Inhalt und etwa 800 Kastenkipper von 2 m³ Inhalt.

Beschottern der Böschung

Auf die fertige Kanalböschung wird wasserseitig eine 40 cm dicke Schotterdecke aufgebracht, die die Böschungen vor dem angreifenden Kanalwasser schützen soll. Für das Einbringen des Schotters ist ein Verfahren gewählt worden, das sich durch große Einfachheit auszeichnet. Bei den Kanalbauten in Deutschland trägt man den Schotter mit verschiedenen für die besonderen Zwecke zusammengebauten Gerüsten oder Maschinen auf, die sich alle in ihrer Bauart dem Kanalprofil anzupassen haben und gleichzeitig fahrbar sind, so daß der sich immer wiederholende Arbeitsvorgang über die ganze Länge des Kanals mit den gleichen Geräten ausgeführt wird.

Der zu bauende Obergraben ist in der Wasserlinie rd. 90 m breit und ein auf der Kanalsohle fahrbares Gerät, das in der Lage gewesen wäre, beide Kanalböschungen zu bestreichen, hätte daher Abmessungen erhalten, die praktisch nicht mehr ausführbar gewesen wären. Auch der Gedanke, über die Kanalböschung hinweg schräg geneigte Brückenträger am unteren und oberen Stützpunkt zu verfahren, auf denen dann der Schotter mit besonderen durchlaufenden Gefäßen verteilt wird, mußte aufgegeben werden, da neben der Kostspieligkeit des Aufbaues erhebliche Gleisarbeiten erforderlich gewesen wären.

Die Arbeit des Beschotterns übernimmt hier der leichte, äußerst bewegliche Turmdrehkran mit geringer Ausladung. Der Kran ist in der halben Höhe der Böschung aufgestellt, Abb. 10, und schüttet sich seine Fahrbahn selbst unter Verwendung des Schotters, der später auf der Kanalböschung verteilt wird. Ein Zug mit etwa zehn Wagen fährt auf der Kanalsohle und kippt in eine Reihe besonderer Blechkübel von 1 m³ Inhalt, die in dichter Reihe von 40 oder mehr neben dem Schotterzug stehen. Der Turmdrehkran hebt die Kübel einzeln heraus und reiht die leeren Kübel laufend an die gefüllten an.

Ferner dient der Turmdrehkran auch zum Aufbringen von Betonplatten in der Linie des wechselnden Wasserspiegels. Der Turmdrehkran, der als Gerät für alles anzusprechen ist, kann in beliebiger Zahl an allen den Stellen aufgestellt werden, wo eine fertiggeebnete Kanalböschung der Betonschotterung harrt. Insofern ist dieses Gerät den vorher besprochenen an Beweglichkeit weitaus überlegen.

Beseitigen der Felsmassen

Der angeschnittene Fels ist vielfach zerrissen, so daß das Bohren mit Hilfe von Preßluft-Bohrhämmern in senkrechten Löchern auf Schwierigkeiten stößt, insofern, als die Bohrer festfahren und brechen; daher werden für die

Abb. 12
Brech-, Wasch- und Siebanlage für 45 m³/h gewaschene Felsmasse.

a Schüttelrost *b* Großbrecher *c* Schüttelrutsche *d* Nachbrecher *e* Becherwerke *f* Waschtrommel *g* Siebtrommel *h* Walzenmühle *i* Kies *k* Sand *l* Meßgefäße *m* Bruchstein

Hauptbohrarbeit Seilschlag-Bohrmaschinen benutzt, Abb. 11, wovon etwa 20 in Betrieb sind. Mit einem freifallenden Meißel im Gewicht von 700 kg können senkrechte Löcher bis in die gewollte Tiefe der künftigen Sohle hinuntergetrieben werden. Die Bohrlöcher liegen je nach der Härte des Gesteins in Abständen von 4 bis 6 m voneinander. Ihr Durchmesser beträgt 200 mm.

Man macht durchweg große Sprengungen, wobei etwa 3 bis 4000 m³ Felsmassen gleichzeitig gelöst werden. Für die Nacharbeiten, sowie zum Beseitigen stehengebliebener Felsmassen dient nebenher die Druckluft-Handbohrmaschine. Der gesprengte Fels wird ausschließlich durch Löffelbagger von 2 m³ Schaufelinhalt in besonders schwere, eiserne Schrägbodenentlader geschüttet. Der unbrauchbare Teil des Felsens wird seitwärts abgelagert, während man die Hauptmenge für die Schotterabdeckung des Kanals, für die Herstellung von Straßenschotter und hauptsächlich für die Herstellung von Zuschlagstoffen, wie Splitt und Sand, bei den Betonarbeiten verwendet.

Brech- und Waschanlage

Zu diesem Zweck sind an drei Stellen des Obergrabens große Brechwerke eingebaut, wo der Fels in richtige Korngrößen gebrochen, gewaschen, sortiert und gelagert wird, Abb. 12. Das Sprenggut wird in einzelnen eisernen Kippern herangeführt und über einen Beschickrost in einen Großbrecher von 900 bei 1200 mm Maulweite gekippt. Vom Großbrecher gelangt das Brechgut über eine Doppelrutsche zu drei Nachbrechern von 750 bei 400 mm Maulweite. Zwei Becherwerke führen es nunmehr zwei Sortier- und Waschtrommeln von 7,5 m Länge bei 1,6 m Dmr. zu, wo es in Korngrößen von 0 bis 7 mm, 7 bis 25 mm und 25 mm und darüber gesichtet wird.

Der Kraftbedarf einer solchen Brech- und Waschanlage beträgt 400 PS bei einer Leistung von rd. 45 m³/h gewaschene Felsmasse. Unterhalb der Silos sind Abzapfstellen sowohl für Lastkraftwagen als auch für Feldbahnwagen. Soweit das Brechgut für Betonzwecke verwendet wird, ist an die Silos eine Abmeßeinrichtung angebaut, in der die Betonzuschlagstoffe in den richtigen Mischverhältnissen abgewogen werden. Von dort aus wird das Betongemisch an die Betoniereinrichtungen herangefahren. Die Zuschlagstoffe mißt man nach Raummaß ab.

Es hat sich herausgestellt, daß die Sanderzeugung beim Brechen des Gesteins nicht ausreichend ist für die im Beton erforderlichen Sandmengen. Wohl läßt sich zwar durch Verstellen der Spaltweiten am Brecher die Menge der einzelnen Korngrößen regeln, jedoch stets auf Kosten der Gesamtleistung des Brechers. Daher hat man in die Brechanlagen noch nachträglich Sandmühlen eingebaut, die jedoch allein die fehlende Sandmenge noch nicht erzeugen können. Da geeigneter Sand in brauchbarem Zustand in der Umgebung fehlt, mußte der beim Obergrabenaushub angetroffene Sand in besonderen Waschtrommeln gereinigt und für die Verwendung als Betonsand gewaschen werden, Abb. 13[3]). Der Sand kommt in ganzen Zügen auf einer Rampe an; zur Vermeidung kostspieliger Silos sind Flachsilos, aus mehreren Taschen bestehend, angeordnet, daß ein ganzer Zug gleichzeitig in die Silos abgekippt werden kann. Die Taschen haben am unteren Ende Abzapfstellen, die auf einen durchgehenden Gurtförderer entleeren. Von diesem Förderband aus wird ein senkrecht dazu auflaufendes Hauptförderband gespeist, das in zwei großen Waschmaschinen endet. Unter ständiger Wasserzufuhr wird der Sand durch eine 5 m lange Trommel geführt, wobei er mittels eingebauter Spiralen gezwungen wird, den Weg mehrmals durch die Trommeln zu machen. In der Trommel wird der Sand in Korngrößen unter und solche über 7 mm ausgesondert. Die Leistungsfähigkeit ist je nach Feinheit und Sauberkeit des angetroffenen Sandbodens veränderlich. Bei mittleren Verhältnissen ist eine Leistung von 17 m³/h je Maschine zu erzielen.

Unter- und Überführungen

Die den Obergraben kreuzenden Bäche und Flüßchen werden in sieben Dükern unter dem Obergrabenprofil in das alte Shannonbett hineingeleitet. Zur Aufrechterhaltung des Straßenverkehrs sind beim Obergraben an drei Stellen Eisenbetonbrücken, die als Gerberträger ausgebildet sind, vorgesehen. Abb. 14 zeigt eine der Obergrabenbrücken.

Das Wehrbauwerk

Das Wehr, Abb. 15 und 16, besteht aus sechs Öffnungen: zwei von je 18 m und vier von je 10 m Breite, letztere dienen als Grundablässe, um die Hochwässer in einer Höchstmenge von 950 m³/s abzuführen. Unter einem Winkel von 45° ist das Einlaufbauwerk angeschlossen, das drei Öffnungen von je 25 m und eine Öffnung von 10 m Breite hat, die auch der Schiffahrt dient. Die Formgebung, namentlich die Ausbildung des Tosbeckens zur Vernichtung der Energie beim Hochwasserüberlauf, ist auf Grund von Versuchen an der Technischen Hochschule, Berlin[4]), festgelegt worden.

Die Herstellung des Wehres ist insofern schwierig, als die Felssohle, auf die das Bauwerk aufgesetzt werden muß, von einer bis zu 4 m dicken Geröllschicht bedeckt ist. Um das Wehr im Trockenen bauen zu können, mußten

[3]) Bildbl. 40. [4]) „Bauingenieur" Bd. 8 (1927) S. 730.

Abb. 14
Obergrabenbrücke.

Abb. 7
Staffelung der Bagger beim Mutterbodenaushub.

Abb. 10
Turmdrehkran beim Beschottern der Kanalböschung.

Abb. 8
Große Eimerkettenbagger am Obergraben.

Enzweiler: Die Großwasserkraftanlage am Shannon

Abb. 9
Absetzmaschine beim Dammschütten.

Abb. 13
Sandwaschanlage.

Abb. 11
Seilschlag-Bohrmaschinen mit 700 kg Meißelgewicht.

Enzweiler: Die Großwasserkraftanlage am Shannon

Abb. 17
Arbeiten am Fangedamm des Abschnittes III. Blick vom linken Ufer des Shannon auf die fertiggestellten Teile des Wehres und des Einlaufbauwerkes.

Abb. 22
Betonmischanlage, im Kabelkran eingebaut.

Abb. 25
Saugrohrschalung auf der Baustelle; Rundeisenbewehrung der Krümmermittelwand.

Abb. 24
Betonieren des 27 m hohen Wasserschlosses. Einbau der Turbinengehäuse.

Fangedämme in den Shannon hineingebaut werden, und zwar wird zur Aufrechterhaltung der Schiffahrt und des Wasserdurchflusses das Wehr in drei Abschnitten gebaut. Die Fangedämme, Abb. 16, konnten nicht gerammt werden, da die Felsüberlagerung Rammarbeiten nicht zuläßt.

Zunächst mußte daher die Geröllschicht mittels Unterwassergreifer beseitigt werden, eine Arbeit, die recht mühsam und langwierig war. Für den Fangedamm wurden zunächst auf der freigelegten Felssohle 25 cm tiefe Löcher gebohrt und hier unter Zuhilfenahme von Tauchern eiserne Träger eingesetzt und einbetoniert. Um die Löcher nicht zu groß bohren zu müssen, hat man die eisernen Träger an ihrem untersten Ende mit schmäleren Laschen versehen und nur die Laschen einbetoniert. Zwischen die Träger sind hölzerne Spundwände eingesetzt worden und den so geschaffenen Kasten hat man mit Lehm oder Beton ausgefüllt. An den Ufern ist nur Lehm verwendet worden, während nach der Flußmitte zu in dem untersten Teil des Fangedammes Beton unter Wasser eingebracht wurde. Der Fangedamm ist je nach Höhe 2 bis 4 m breit.

Abb. 17[5]) zeigt den Bau des Einlaufbauwerkes und des Wehres und den abschließenden Fangedamm. Dieser hat sich als sehr dicht erwiesen und hat auch den Winterhochwässern, die teilweise einen Wasserdruck von 8 m Höhe ergaben, standgehalten. Die Undichtigkeiten, die vorgekommen sind, waren hauptsächlich begründet in der Klüftigkeit des angetroffenen Felsens.

Sowohl für den Aushub des Felsens als auch hauptsächlich zum Einbringen des Betons hat man den Kabelkran verwendet. Er hat den großen Vorteil, daß man auch an schwer zugängliche Punkte gelangt, ohne erst kostspielige Gerüste bauen zu müssen, die im strömenden Wasser der Gefahr des Einsturzes unterworfen sind. Gegenüber den vielfach beim Betonieren verwendeten Gießtürmen hat der Kabelkran den Vorteil, daß er nicht nur für das Einbringen des Betons, sondern auch als Hebezeug für den Transport von Rundeisen, Schalung, Wehrverschlüssen, leichteren Maschinen usw. benutzt werden kann im Gegensatz zum Gießrinnensystem, bei dem diese Arbeiten durch besondere Krananlagen bewältigt werden müssen. Der Kabelkran von 250 m Spannweite und 6 t Nutzlast besteht aus zwei Seilen, einer festen und einer beweglichen Stütze. Der Kabelkran wird von einer gemeinsamen Mischanlage beschickt, die für den Bau des Wehres dient und mittels eines drehbaren Gurtförderbandes sowohl die Baugrube des Einlaufbauwerkes als auch den Kabelkran beliefert.

Abb. 15
Wehr und Einlaufbauwerk.

Das Krafthaus

Das Krafthaus, Abb. 18, ist zunächst nur für drei Turbinen ausgebaut. Das Wasserschloß hängt mit ihm zusammen und ist gleich für den Vollausbau ausgebaut; es schließt in einer Höhe von 27 m den Obergraben. Von ihm aus führen im Vollausbau sechs stählerne Druckrohrleitungen von 6 m l. W. zum Krafthaus.

Die Francis-Turbinen von je 38 600 PS Höchstleistung sind mit stehender Welle gebaut und unmittelbar gekuppelt mit einem Stromerzeuger von 30 000 kVA Nennleistung. Das Wasser wird dem Leitrad der Turbine mittels eines ganz in Beton gelagerten Blechspiralgehäuses zugeführt. Die Spurlager der Turbinen sind für eine Höchstlast von 480 t konstruiert. Das Stahlguß-Laufrad und die Welle wiegen 42 t. Das Gesamtgewicht des Stromerzeugers und der Erregermaschine beträgt 370 t. Eine besondere Schwierigkeit der Gründung der Turbinen bildet eine tiefe Lehmmulde unter der Krafthaussohle, die den Fels an der Stelle unterbricht. Dieser Felsspalt ist mit einer 3 m starken Eisenbetonplatte überbrückt worden.

Neben dem Krafthaus liegen der Leerschuß und im Anschluß daran zwei gekuppelte Schachtschleusen, die für Schiffe von 150 t vorgesehen sind, s. a. Abb. 1. Die Schleusen, Abb. 19 bis 21, haben keine Umläufe. In der Art der umlauflosen Schleuse, wie sie in Ladenburg gebaut wurde, fließt das Wasser durch eine im Tor eingebaute Klappe in eine Energievernichtungskammer, um von hier aus beruhigt in die Schleusenkammer zu gelangen.

Die Kraftwerksbaugrube liegt völlig im Felsen; es mußten zur Errichtung der Sohle etwa 100 000 m³ Fels beseitigt werden. Die Hauptarbeit bestand in dem zweckmäßigsten Einbringen der Betonmengen für Wasserschloß, Krafthaus und Schleuse, insgesamt 140 000 m³. Bei dem Umfang dieser Betonarbeiten war die richtige Zusammensetzung des Betons Haupterfordernis.

Betonmischungen

Auf der Baustelle selbst sind in einem besonderen Laboratorium umfangreiche Versuche gemacht worden, um bei einem gegebenen Zementgehalt die dichteste und

Abb. 16. Shannon-Wehr; M. 1 : 500.

[5]) Bildbl. 41.

gleichzeitig festeste Betonmischung zu erzielen. Der Beton wird als Gußbeton eingebracht. Bei den Versuchen für die Zusammensetzung ist zunächst der Anteil an Hohlräumen im Splitt und Schotter, wie er aus der Brechanlage gewonnen wurde, gemessen worden; dann ist dem Schotter so viel trockener Mörtel zugeführt worden, daß der Beton als Gußbeton anzusprechen war und keine Entmischung mehr eintrat.

Dies ist erst nach Zufügung des zweieinhalbfachen Hohlraumanteiles Mörtel erreicht worden. Beim Mörtel wurde Wert darauf gelegt, daß 40 vH Feinmehl in einer Korngröße von 0,5 mm beigefügt wurde. Für die Mörtelbereitung war der Quetschsand nicht günstig, da er nur 16 vH Feinmehl enthielt. Erst bei den stark zementhaltigen Mischungen 1 : 4 erreichte der Feingehalt 39 vH durch den Zusatz von Zement. Vermischung von Brechsand mit natürlichem Feinsand ergab so günstige Verhältnisse, daß der Sandgehalt allgemein zugunsten des Schotters verringert werden konnte.

Die Untersuchungen zeigen, daß Sorgfalt bei der Beschaffung geeigneten Sandes wichtig ist. Die zahlreichen Versuche haben als endgültiges Mischungsverhältnis zwei Teile Sand zu einem Teil Splitt und zwei Teilen Schotter ergeben. Hierbei betrugen die Mörtelmengen das Zweieinhalbfache der Hohlräume im Splitt und Schotter. Die Untersuchungen über Festigkeiten, Kornzusammensetzungen, Wasserzementfaktor ergaben, daß verhältnismäßig geringe Änderungen in den für die Herstellung des Gußbetons maßgebenden Werten erhebliche Verschiebungen an Festigkeit, Fließbarkeit und Dichtigkeit hervorrufen können, so daß eine eingehende Baustoffprüfung vor der Herstellung großer Betonmassen stets zu rechtfertigen ist.

Abb. 18
Wasserschloß, Rohrbahn und Kraftwerk; M. 1 : 1000.

Betonaufbereitanlagen

Das Krafthausbauwerk, das Wasserschloß und die Schleusen liegen so nahe in einer Baugrube zusammen, daß die Betonierungsanlage für alle drei Bauwerke einheitlich ausgebildet werden konnte. Auch hier ist als Hauptfördermittel der Kabelkran, auf beiden Seiten fahrbar, mit 35 m hohen eisernen Türmen verwendet worden. Man hat bei verschiedenen Bauausführungen in neuerer Zeit die Mischmaschine in feste Verbindung mit den fahrbaren Fördereinrichtungen des Betons gebracht, z. B. Ausführungen von fahrbaren Gießtürmen, in denen die Mischmaschine eingebaut ist, und Einrichtungen von fahrbaren Gurtförderbändern mit eingebauter Mischmaschine. Abb. 22 (Bildbl. 41) weist auf den dritten Fall hin, der den Zusammenbau der Mischmaschine mit dem fahrbaren Kabelkranturm zeigt, eine Einrichtung, die wirtschaftliche Vorteile bringt, da die sonst notwendige umständliche Verschiebebewegung zwischen Betonmischmaschine und Kabelkran wegfällt. Die Züge mit den Zuschlagstoffen, im richtigen Mengenverhältnis an der Brech- und Waschanlage gemischt, fahren auf dem Wege zum Kabelkran am Zementlager vorbei, wo sie den Zement aufnehmen, der in selbsttätigen Waagen gewogen und den Zuschlagstoffen beigefügt wird. Zwischen Mischmaschine und Kabelkrankübel ist ein kleines Silo eingebaut, um einen ununterbrochenen Mischprozeß der Mischmaschine zu ermöglichen. Welche Vorteile der Kabelkran bietet, veranschaulicht Abb. 23. Bei den vorkommenden großen Eisenbetonträgern wird das Eisengerippe auf dem Werkplatz zusammengeflochten und mit dem Kabelkran in den vorher hergerichteten Holzschalkörper eingehängt. Abb. 24 zeigt das Betonieren des 27 m hohen Wasserschlosses, Abb. 25 die Schalung für einen Turbinenauslauf.

Abb. 19 bis 21
Schleuse am Krafthaus mit Energievernichtungskammern.

Nebenbetriebe

Bei der Durchführung der Bauarbeiten war auf Irland selbst als Hilfsquelle nicht zu rechnen. Sowohl für den Bezug von Gerät als auch für die hauptsächlichsten Bau- und Betriebstoffe kam Deutschland als Rückgrat für den gesamten Betrieb allein in Frage. Im Hinblick auf die große Entfernung mußten daher an Ort und Stelle selbst so leistungsfähige Nebenbetriebe vorgesehen werden, daß bei eintretenden Störungen die Baustelle sich selbst helfen kann. Dies führte dazu, Werkstatteinrichtungen vorzusehen in einem Umfange, wie sie in Baubetrieben nicht alltäglich sind.

In der Hauptwerkstatt mit 55 Werkzeugmaschinen sind Tag und Nacht 300 gelernte Arbeiter, meistens Deutsche, tätig, um die Baumaschinen mit einem Gesamtgewicht von 30 000 t, die an dem Bau Arbeit leisten, in dauernder Betriebsbereitschaft zu halten. Im Zusammenhang damit waren größere Schuppen für Ersatzteile, größere Lager für die hauptsächlichsten Betriebstoffe, Werkstätten, worin alle Arbeiten, wie Schalungen, Gerüste, Dächer, Tischlerarbeiten usw. fertiggestellt werden, notwendig.

Ferner ist ein Baukraftwerk mit 4200 PS Leistung zur Erzeugung des während der Bauarbeiten nötigen Kraft- und Lichtstromes errichtet worden. Bei der Bemessung der Größe dieses Kraftwerkes ist mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,6 gerechnet worden. Die nach der gesamten Baustelle abgehenden Fernleitungen sind mit Rücksicht auf die große Ausdehnung der Baustelle für 17 000 V gebaut worden. Die Stromerzeuger im Baukraftwerk selbst haben 380 V Spannung, um die in der Nähe des Baukraftwerkes liegende Krafthausbaugrube ohne Umspannung unmittelbar mit Strom versorgen zu können.

Etwa 170 000 t Güter waren von größtenteils deutschen Häfen nach dem Hafenort Limerick zu verfrachten. Mit drei gecharterten 2000 t-Dampfern wurde dieser Verkehr abgewickelt. Der Hafen in Limerick mußte für die großen Transporte von schweren Stücken mit entsprechenden Krananlagen versehen werden. Für den Transport vom Hafen zur Verwendungsstelle dienten Lastkraftwagen, wovon zeitweilig 40 in Betrieb waren, soweit nicht auf Raupen laufende Maschinen sich selbst ihren Weg zur Verwendungsstelle suchen mußten.

Schließlich sei noch erwähnt, daß auch die Unterbringung von 500 deutschen Angestellten und Meistern mit Familie eine Frage war, der besondere Sorgfalt zugewandt wurde. Eine Reihe Holzhäuser mit völliger Inneneinrichtung bietet Unterkunft für das deutsche Personal.

Weitere Aufsätze über die Maschinenanlagen und sonstigen Einrichtungen des Shannon-Kraftwerkes werden folgen, sobald die Bauarbeiten weiter vorgeschritten sind. [B 1704]

Abb. 23
Kabelkran beim Einhängen des Eisengerippes in den Holzschalkörper für große Eisenbetonträger.

Berichtigungen

Fließarbeit in Plättereien

In Z. Nr. 28 S. 991 wurde über Arbeitsteilung und Fließarbeit in Plättereien berichtet. Nunmehr liegen die Erfahrungen vor, die mit der bei der Firma N. F. Grünfeld, Landeshut (Schlesien) erstmals aufgestellten Anlage gemacht sind. Wenn die Ergebnisse auch nicht den gehegten Erwartungen entsprechen, so zeigen sie doch, in welcher Richtung neue, bessere Lösungen der aufgeworfenen Fragen zu suchen sind.

Mißstände zeigten sich hauptsächlich deshalb, weil es nicht möglich war, die Arbeit so zu unterteilen, daß die körperliche Anstrengung gleichmäßig verteilt ist. Diejenigen Mädchen, die nur plätten, sind immer stärker belastet als die, die die Wäschestücke nur zusammenlegen. Obwohl das Band sehr langsam lief, traten bei den Plätterinnen Schwindelerscheinungen auf. Die Arbeiterinnen, die nur zu plätten hatten, klagten bald über Überanstrengung der Handgelenke, so daß trotz sorgfältigster Beobachtung der Arbeitsweise und geeigneter Auswahl die Arbeitsleistung rasch sank.

Auf Grund dieser Erfahrungen ließ man das Band stillstehen und verwendete es wie einen gewöhnlichen Bügeltisch. Dabei hat sich folgende Unterteilung bewährt:

1. Anfeuchten der Wäsche,
2. Plätten der glatten Teile der Wäschestücke mittels geeigneter Bügelmaschinen, die die menschliche Arbeitskraft schonen und, da sie mit größerem Druck arbeiten, auch mehr leisten,
3. Plätten der faltigen Teile und Zusammenlegen der Wäsche mittels Handeisens. Hier wechselt Plättarbeit und reine Handarbeit; ferner kann wechselweise die rechte und die linke Hand gebraucht und so eine Überanstrengung vermieden werden.

Eine sehr ins einzelne gehende Arbeitsteilung, wie sie das laufende Band, das auch besser ruckweise verschoben wird, erfordert, kann man also erst durchführen, wenn man geeignete Sonderplättmaschinen, die jede anstrengende Arbeit übernehmen, verwenden kann. Dadurch werden die nachteiligen Wirkungen des dauernden Plättens mit dem Handeisen auf die Arbeiterinnen vermieden und erst dann kann eine bedeutende Steigerung der Leistung erzielt werden. Voraussetzung ist aber immer, daß große Mengen derselben Wäscheart zu bearbeiten sind.

[N 2130] Schr.

Die Auswertung der Kohle

In der Arbeit von Dr.-Ing. O. Huppert, Bd. 72 (1928) Heft 28 S. 978 rechte Spalte 3. Zeile von unten muß es heißen: Die ausländischen Firmen Soc. Semet Solvay-Piette, Soc. des Mines de Drocourt, Anzin Kuhlmann u. a. gewinnen ihren Wasserstoff nach Linde und benutzen ihn zur Ammoniaksynthese nach Casale. Seite 979, 2. Abs. Z. 16 statt Azetylen Aethylen und 3. Abs. Z. 6 statt azetylenreiches Methan aethylenreiches Methan. [N 3000]

Statische Grundlagen zum Schwingungsbruch

Von W. Kuntze, Berlin-Dahlem

(Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem)

Erste örtliche Verformung beim statischen Zugversuch. Örtliche Verminderung des Verformungswiderstandes nach Entlastung. Begriffe der Gleichmaßdehnung, Schubverformung im Fließkegel, Bruchfestigkeit, Zerreißfestigkeit und Trennfestigkeit. Erzwungene Schubverformung beim Schwingungsvorgang. Herabsetzung der Trennfestigkeit durch Schubverformung. Elastizitätsgrenze, Ermüdungsgrenze.

Die beiden auffallendsten Merkmale des Schwingungsbruches findet man in der Beschränkung der plastischen Verformung auf einen geringen, unmittelbar an der Bruchstelle gelegenen Raumanteil und in einer Unterfestigkeit, die überschläglich nur etwa 50 vH der statischen Bruchfestigkeit und einen noch weit geringeren Bruchteil der effektiven Zerreißfestigkeit am Zugstabe ausmacht. Die Verformungsvorgänge und die Festigkeitserscheinungen beim Schwingungsvorgang stehen also zunächst im Widerspruch zum statischen Zug- oder Druckversuch. Im Schwingungszustand werden die Vorgänge jedoch nur in andre Bahnen geleitet; ein grundsätzlicher Widerspruch liegt, sofern man neuere Forschungsergebnisse aus dem Grenzgebiete zwischen elastischer und plastischer Verformung, als auch des eigentlichen Zerreißvorganges zur Beurteilung heranzieht, nicht vor. Vielmehr lassen sich sowohl die Verformungseinschränkung als auch die Verminderung des Zerreißwiderstandes als statische Erscheinungen erklären.

Schwingungen, die rein elastischer Natur sind, können nach heutiger Erfahrung einen Bruch nicht herbeiführen. Sobald aber die Schwingungsamplitude in das plastische Gebiet hineinreicht, ist ein Bruch nach einer genügenden Anzahl Schwingungen möglich. In diesem Falle sind nun im allgemeinen die plastischeren Stoffe den weniger plastischen überlegen, weil sie eine Dämpfung aufweisen, die nach der vorherrschenden Anschauung auf die Schwingungen hemmend einwirkt. Plastische Stoffe können, wenn sie nicht allzu hohen Spannungen ausgesetzt werden, eine praktisch ausreichende Lebensdauer aufweisen, auch wenn die Schwingungen nicht rein elastischer Natur sind.

Abb. 1 und 2
Erste bleibende Verformungen an Zugstäben aus Siliziumstahl und Kupfer.

Abb. 3
Statischer Schwingungsvorgang bei Zugbelastung.

Die äußeren Umstände, die in solchem Fall die Grenzen der Festigkeit und Lebensdauer festlegen, sind noch nicht vollständig geklärt; ich kann hierauf nicht näher eingehen. Vielmehr werde ich an der Hand statischer Vorgänge zeigen, wie es möglich ist, daß unter Zusammenziehung der Formänderungen auf die nächste Bruchumgebung die Probe unter so geringen Belastungen zu brechen vermag.

Verformungsvorgang

Genaue Messungen der geometrischen Formänderungsvorgänge beim üblichen statischen Zugversuch ergaben, daß die ersten Dehnungen tatsächlich rein örtlicher Natur und durch irgendwelche schwächenden Umstände, sei es der Gestalt, sei es des Stoffes an sich, bedingt sind. Abb. 1 und 2[1]) zeigen die Durchmesseränderung über die gesamte Stablänge hinweg für einen Zugstab aus Siliziumstahl mit ausgeprägter Streckgrenze und für einen solchen aus ausgeglühtem Kupfer. In Abb. 1 ist der allererste Beginn plastischer Verformung festgehalten worden, der sogleich einen rein örtlichen Einbruch (schraffiert) von beträchtlicher Tiefe (1,2 vH des Durchmessers) zur Folge hatte. In Abb. 2 (Kupfer), in welcher das erste Längsprofil 1 gegenüber dem Ausgangsprofil 0 0,25 vH Längsdehnung aufweist, ist der Vorgang ausgeglichener. Immerhin ist aus der schraffierten Fläche zu sehen, daß stellenweise Einbuchtungen entstanden sind, von denen naturgemäß eine einzelne an der schwächsten Stelle den Anfang gemacht hat, aber meßtechnisch nicht so gut zu fassen war, wie bei Siliziumstahl.

Bei Fortführung des statischen Zugversuches verfestigen sich die bisher gedehnten Stellen und die Verformungen greifen auf die ungedehnten Stabteile über. Beide Stoffe unterscheiden sich, wie eine weitere Profillinie 2 zeigt, nur darin, daß bei Siliziumstahl die Erweiterung des Verformungsherdes zunächst nur in axialer Richtung, bei Kupfer zugleich in radialer Richtung stattfindet. Entnimmt man aus einem vorgereckten Kupferstab (Profil 4) eine abgedrehte Probe (Profil 4 a), so ist die Neigung zu örtlicher Verformung nicht geringer, wie das Profil 5 erkennen läßt, und zwar treten die größten Verformungen an den Stellen auf, wo sich vor dem Abdrehen der Stab am wenigsten gedehnt hatte, also am wenigsten verfestigt war.

Aus dem Vorgang der Verfestigung beim statischen Zugversuche könnte man nun annehmen, daß auch beim Schwingungsvorgang die plastische Verformung auf die

[1]) W. Kuntze und G. Sachs, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 29 S. 1011.

noch ungedehnten und daher unverfestigten Stabteile übergreift. Das ist aber nicht der Fall. Bei wechselnder Belastung wird nämlich die Verfestigung teilweise wieder rückgängig gemacht. Wir haben in diesem Fall nicht nur eine Herabdrückung der E-Grenze (Bauschingereffekt), sondern jeder Lastwechsel beschleunigt die weitere plastische Verformung schon verformter Teile unter bedeutend geringerer Last weit mehr als eine dauernde Einwirkung der höheren Last, unter der die Vorreckungen stattfanden[2]). In Abb. 3 ist ein statischer Schwingungsvorgang an einem gereckten Kupferstab dargestellt, und zwar unter wechselnder Zugbeanspruchung[3]). Die hierbei auftretenden fortschreitenden Dehnungen sind in Abb. 4 nach der Zeit aufgetragen, und man sieht, da in beiden Abbildungen gleiche, einander entsprechende Buchstaben und Zahlen verwendet wurden, den weit schnelleren Verlauf des Dehnungsvorganges (dick gezeichnet) unmittelbar nach jeder Entlastung, und zwar schon bei einer Last, die unterhalb der vorangehenden liegt. In Abb. 5 sind die Dehnungen in empfindlicherem Maßstabe durch Auftragen der Differenzen ($\lambda = 0{,}4\,P$) dargestellt, und zwar sind die Kurven 2, 4, 6 aus Abb. 3 mit ihren Fußpunkten zusammengelegt. Die Kurven fallen im oberen Drittel, wo sie die verfrühten plastischen Dehnungen aufweisen, auseinander. In dem unteren, zwei Drittel der Streckgrenze betragenden Gebiete waren hingegen keine bleibenden Verformungen, war also Elastizität, wenn auch keine Proportionalität vorhanden. Ent- und Belastung bilden hier eine geschlossene Hysteresisschleife (schraffiert). Die Lage der Kurven 2, 4, 6 deutet auf eine mit der Zahl der Schwingungen zunehmende Wiederverfestigung im oberen Drittel hin.

Liegt wechselnde Zug-Druck-Beanspruchung vor, so sind die gleichen Erscheinungen vorhanden. Abb. 6 und 7 erläutern das Fallen gewisser Dehnungsgrenzen nach vorangehender entgegengesetzter Beanspruchung, und zwar Abb. 6 für einen Messingkristall, Abb. 7 für Duralumin (Polykristall). Die Versuche[4]) geben eine anschauliche Deutung des Bauschingereffektes, der bisher schwer verständlich erschien, weil Bauschinger das Verhalten von Streckgrenze und Elastizitätsgrenze einander gegenüberstellt; die Begriffe bedeuten aber qualitativ dasselbe.

Bei Lastwechsel findet also ein beschleunigter Verformungsvorgang bei herabgesetztem Verformungswiderstand gegenüber der Dauerbelastung[5]) statt, worauf eine mit zunehmender Schwingungszahl anwachsende Wiederverfestigung folgt. Die beschriebenen Wirkungen beim Lastwechsel verschwinden, wenn der Werkstoff zwischen dem Lastwechsel gealtert oder angelassen wird.

Beim eigentlichen Schwingungsvorgang kann wegen der kurzen Dauer ein Einfluß durch Altern innerhalb einzelner Schwingungen nicht eintreten; hier ist die bei der ersten Schwingung am meisten gedehnte Stelle gegenüber den übrigen Stabteilen auch am meisten geneigt, die nachteilige Wirkung des Lastwechsels auf sich zu vereinigen. Die nachfolgenden Schwingungen werden also die schwache Stelle früher zur weiteren plastischen Verformung bringen, als die übrigen Teile, wodurch diese entlastet werden und unberührt bleiben. Selbstverständ-

[2]) P. Ludwik, Z. Bd. 60 (1916) S. 795.
[3]) W. Kuntze, Mitt. a. d. Materialprüfungsamt und Kaiser-Wilhelm-Institut f. Met.-Forsch. 5. Sonderh. 1928.
[4]) G. Sachs und H. Shojé, Z. f. Phys. Bd. 45 (1927) S. 776, G. Sachs Z. Bd. 71 (1927) S. 1511.
[5]) I. A. van Broek. Journ. of the Iron and Steel Inst. London (1918), vergl. a. F. Körber, Dauerstandsfestigkeit, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) Nr. 2 S. 45; G. Welter, Kritische statische Dauerbelastung, ebenda S. 51.

Abb. 4
Zunahme der Dehnungen mit der Zeit bei langsamen Schwingungen.

Abb. 5
Dehnungskurven nach wiederholten Entlastungen.

Abb. 6
Veränderung der Elastizitäts- und Streckgrenze eines Messingkristalls bei Zugversuchen durch vorangegangene Stauchungen (nach G. Sachs).

Abb. 7
Beeinflussung der Elastizitäts- und Streckgrenze von Duralumin durch vorangegangene Verformungen in entgegengesetzter Richtung. (Gestrichelt ist die Veränderung bei gleichgerichteter Beanspruchung eingezeichnet.) (Nach G. Sachs.)

a Druck, veredelt *b* Zug nach 0,163 vH Stauchung
c Druck nach 0,232 vH Dehnung *d* Zug nach 0,611 vH Stauchung *e* Druck nach 1,29 vH Dehnung *f* Zug nach 2,42 vH Stauchung

lich werden die immer in Begleitung auftretenden elastischen Schwingungen den ganzen Stab beanspruchen.

Man findet also, daß infolge des statischen Lastwechsels die Verformung zunächst verstärkt wird, selbst wenn man unterhalb der ursprünglichen Belastungshöhe bleibt, und daß die letztere, größere Last ohne vorangegangene Entlastung in derselben Zeitspanne nicht die gleiche Wirkung aufzuweisen vermag. Eine dauernde Zusammenziehung der Verformungsvorgänge auf eine eng begrenzte Stelle muß beim statischen Vorgang nicht unbedingt vorhanden sein. Wir betrachteten ja eine bestimmte Meßlänge (10 cm) und wählten die Amplitude so groß, bis wir Verformungen bemerkten, ohne uns über deren Verteilung Rechenschaft abzulegen. Beim schnellen Schwingungsvorgang muß aber, beabsichtigt beim Versuch oder selbsttätig bei natürlichen Schwingungen, diejenige Schwingungsamplitude naturgemäß überschritten werden, bei der die ersten kleinsten Verformungen an einer örtlich begrenzten Stelle auftreten, wo dann infolge des Lastwechsels im obigen Sinne der Verformungswiderstand zunächst geschwächt wird. Hierin liegt die Ursache der auch weiterhin folgenden Zusammenziehung der Verformung auf die schwächste Stelle. Würde man zwangweise von vornherein eine genügend große Amplitude wirken lassen, so würde natürlich auch die ganze Stablänge in Mitleidenschaft gezogen werden, aber wahrscheinlich auch die Lebensdauer nicht groß sein können.

Die Gefahrengrenze (Schwingungsfestigkeit) liegt eben da, wo die ersten örtlichen Dehnungen gerade groß genug sind, um durch ständige Hin- und Rückbewegungen den Verformungswiderstand herabzusetzen und so die Zusammenziehung auf die zukünftige Bruchstelle zu begünstigen. Hierdurch wird nun auch die Zerreißfestigkeit, wie im folgenden ebenfalls an der Hand des statischen Zugversuches erläutert werden soll, stark zerrüttet.

Zerreißvorgang

Zur Deutung dieser Erscheinung muß man sich klar machen, daß der statische Zugversuch zwei verschiedenartige Verformungsvorgänge aufweist, die nach neueren Versuchen auf den Werkstoff eine gegenteilige Wirkung hinsichtlich des Zerreißwiderstandes ausüben: Die Gleichmaßdehnung ist mit einer Regelung der Kristallite verbunden. Die einzelnen Kristallkörner eines Vielkristalls weisen eine verschiedene kristallographische Orientierung auf, d. h. die Richtung ihrer Gleitflächen zur Stabachse wechselt. Nun werden bei einer Belastung zuerst in denjenigen Gleitflächen die Schubwiderstände überwunden werden, in denen die wirksamen Schubspannungen am größten sind, alsdann wird bei Lasterhöhung je nach der Orientierung in den übrigen Gleitflächen nach und nach derselbe Vorgang einsetzen. Die mit dem Fortschreiten der Gleitvorgänge einherschreitende Verfestigung ist viel größer, als sich aus der wechselnden Orientierung allein berechnen läßt[6]). Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht geklärt.

Die Summe aller Gleitbewegungen in den Kristallkörnern erzeugt die Gleichmaßdehnung des Zugstabes, die mithin eine von den Kristalleigenschaften abhängige Größe ist. Mit der Höchstlast mag der Vorgang der Regelung noch nicht vollständig abgeschlossen sein; es ist jedoch eine in Beziehung zur Kraftrichtung gleichwertigere Struktur (erzwungene Homöotropie)[7]) der Kristallkörner erreicht worden.

Mithin müssen nunmehr bei weiterer Dehnung ohne Rücksicht auf einzelne Kristalle die Schubwiderstände in den das ganze Stabvolumen unter 45° zur Achse durchsetzenden Schubflächen größter Schubspannungen überwunden werden. Die Wirkungen vieler solcher Schubflächen, die um einer aufgezwungenen Symmetrie halber nach irgendeiner geometrischen Regel um die Stabachse herum angeordnet sind, erzeugen an einer schwächsten Stelle die Fließkegeleinschnürung. Die Schubverformung im Fließkegel ist mithin der Hauptsache nach nicht mehr von kristallographischen Gesetzen abhängig. Die bei der Streckgrenze des Stahles unter 45° zur Stabachse verlaufenden Fließlinien sind von kristallographischen Gesetzen diktierte Bewegungserscheinungen, die ebenfalls in Gebieten größter Schubkräfte, also zunächst in einzelnen unter 45° geneigten Flächen zuerst erscheinen, aber nicht mit den ausgeprägteren Schubvorgängen im Fließkegel zu vergleichen sind.

Nun soll der Einfluß beider Arten der Verformung auf den Bruchvorgang des Stabes besprochen werden. Für den Schwingungsbruch spielt nur die Reißfestigkeit eine Rolle, nicht aber die übliche Bruchfestigkeit; denn diese stellt lediglich denjenigen Verformungswiderstand dar, der bei einem Höchstwert der absoluten Last auftritt[8]). Der Höchstwert ist die mathematische Bedingung dafür, daß $\frac{ds}{s} = -\frac{dF}{F}$ ist, d. h. die Höchstlast ist dann erreicht, wenn die auf die jeweilige Spannung (s) bezogene Spannungszunahme $\left(\frac{ds}{s}\right)$ gleich der auf den jeweiligen Querschnitt (F) bezogenen Querschnittsabnahme $\left(-\frac{dF}{F}\right)$ ist. Vor Erreichen der Höchstlast ist die Spannungszunahme größer als die Querschnittsabnahme.

Wird nun aber die Querschnittsabnahme infolge der zur Gleichmaßdehnung hinzutretenden Schubverformung größer als die Spannungszunahme, so muß die Last fallen, und die Tragfähigkeit des ursprünglichen Stabes ist praktisch erschöpft, weil er einen kleineren Querschnitt im Fließkegel aufweist. Er ist aber noch nicht zerrissen, und sein Verformungswiderstand steigt noch bis zu derjenigen effektiven Spannung an, bei der der endgültige Bruch eintritt (Zerreißfestigkeit).

Die Bruchfestigkeit ist mithin veränderlich, wenn man, ohne den Werkstoff zu verändern, die Dehnungsverhältnisse mechanisch beeinflussen kann, was z. B. bei eingekerbten Proben der Fall ist. Bei solchen muß unter Dehnungsbehinderung die Höchstlastbedingung bei höherer Belastung (bezogen auf den Restquerschnitt) eintreten. Wir können nach den so dargelegten Vorgängen beim Schwingungsbruch vom Vorhandensein oder Überschreiten einer Bruchfestigkeit im üblichen Sinne nicht reden, da die eben geschilderten Bedingungen hierfür gar nicht eintreten können. Denn weder die hierzu notwendige Spannung, noch die Verformung kann erreicht werden, sofern die Beanspruchung nicht wesentlich höher als die Schwingungsfestigkeit liegt.

Wenn nun beim Schwingungsversuch der Stab verfrüht reißt, so liegt das an der Verringerung der Trennfestigkeit infolge der Schubverformung[9]), wohingegen die Gleichmaßdehnung verfestigend auf die Trennfestigkeit einwirkt[10]). In Abb. 8 sind die effektiven Zugspannungen den Trennfestigkeiten für die entsprechenden plastischen Dehnungsgrade von Flußstahl (Probe 70 geglüht, Probe 73 bei 800 °C abgeschreckt) gegenübergestellt.

Die Trennfestigkeit des gereckten wie auch des ungereckten Werkstoffes wurde an eingekerbten Proben durch Extrapolation als derjenige Grenzwert der Bruchfestigkeit ermittelt, der bei vollständiger Dehnungsbehinderung auftritt. Gereckte Stoffe haben eine größere Trennfestigkeit als ungereckte, und zwar wächst sie zunächst linear mit dem Reckgrad bis zur Höchstlast (1) und erheblich schneller als der Verformungswiderstand (effektive Spannungen), alsdann vermindert sich im Fließkegel die Zunahme und schließlich schneiden sich Spannungskurve und Kurve der Trennfestigkeiten im Zerreißpunkt. Der verhältnismäßig geringe Betrag der

[6]) E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 22 (1924) S. 328.

[7]) W. v. Moellendorf und Czochralski, Z. Bd. 57 (1913) S. 1018.

[8]) M. Considère: Die Anwendung von Eisen und Stahl bei Konstruktionen, Wien 1888; P. Ludwik: Elem. d. Technol. Mechanik, Berlin 1909; F. Körber, Mitt. d. Kaiser-Wilhelm-Instituts f. Eisenforsch. Bd. 3 (1921) S. 1; G. Sachs, Werkstoffausschuß d. Vereines deutscher Eisenhüttenleute, Ber. 58 (1925).

[9]) W. Kuntze, Werkstoffausschuß des Vereines deutscher Eisenhüttenleute, Ber. 128 (1928); vergl. a. H. J. Gough, D. Hansen und S. J. Wright, Aeron. Research Comittee R. A. M. Nr. 1025 (1926): Bei Ermüdungsversuchen mit Aluminiumkristallen entsteht der Bruch durch Ausbildung von Rissen entlang der wirksam gewesenen Gleitflächen; diese Gleitflächen sind durch eine verhältnismäßig geringe Kohäsion ausgezeichnet. P. Ludwik und Scheu, Z. Bd. 67 (1923) S. 122; Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 68.

[10]) G. Masing und M. Polanyi, Z. f. Phys. Bd. 28 (1924) S. 169; E. Schmid, ebenda Bd. 32 (1925) S. 918.

Zerreißfestigkeit des Zugstabes kann also nur durch Verminderung der Trennfestigkeit infolge von Schubvorgängen im Fließkegel erklärt werden; denn der Zugstab durchläuft dieselben plastischen Dehnungen, wie sie den Sonderproben zur Ermittelung der Trennfestigkeit bei den entsprechenden Dehnungsgraden vorausgingen[11]). Durch diese Vorgänge kann die Zerreißfestigkeit des Zugstabes noch weit mehr vermindert werden, wenn, wie es bei Aluminium und Kupfer gefunden wurde, zugleich der Verformungswiderstand und damit der Schnittpunkt beider Kurven herabsank. In diesen Fällen lag die Zerreißfestigkeit (effektive Spannung) schließlich weit unter der Bruchfestigkeit. Die Zerreißfestigkeit des Zugstabes kann also immer als eine durch Ermüdung herabgesetzte Trennfestigkeit angesehen werden.

Beim statischen Zugversuch kann, wie beschrieben, erst nach Überschreiten der Höchstlast eine Schubverformung eintreten. Beim Schwingungsvorgang wird nur bei der ersten Schwingung eine Verformung im Sinne der Gleichmaßdehnung vorhanden sein können. Bei den folgenden Schwingungen muß indessen infolge der ständigen Umkehr eine Schubbewegung erzwungen werden. Die Erreichung der Höchstlast ist hierbei nicht Vorbedingung. Wenn auch die Schubwege sehr klein angenommen werden müssen, so dürfte die große Zahl der Schwingungen doch deren Wirksamkeit auf die Trennfestigkeit genügend begünstigen; denn beim statischen Zugversuch wird durch den einfachen Schubvorgang im Fließkegel die Trennfestigkeit so erheblich vermindert, daß sie geringer als die Streckgrenze werden kann.

Abb. 8 Verlauf von Trennfestigkeit und Verformungswiderstand bei zunehmender Reckung.

s_T Trennfestigkeit
s eff. Zugspannungen
o Zeiger für ungereckten Zustand
1, 2, 3 Zeiger für Streckgrenze, Höchstlast und Zerreißlast

Ganz gleichartige Zerstörungsvorgänge treten also auch beim üblichen statischen Zugversuch auf. Der Unterschied liegt nur darin, daß hier erst die Höchstlast (Bruchfestigkeit) überwunden werden muß, während durch den Schwingungsvorgang schon die kleinsten plastischen Dehnungen zwangweise Schub und damit eine verfrühte Zerrüttung der Trennfestigkeit erzeugen.

Erörterungen zur Schwingungsfestigkeit

Die allgemeine Frage: wie muß man die Werkstoffe behandeln, um sie gegen den Schwingungsbruch widerstandfähig machen, findet in der soeben dargestellten Erscheinung einen Fingerzeig. Es gibt vermutlich Stoffe, deren Neigung zur Zerrüttung beim Schubvorgang durch Behandlung gemildert werden kann. Auf diese Weise wird das Verhältnis der Reißfestigkeit (Reißverfestigung) zur Gleitfestigkeit (Gleitverfestigung) günstiger gestaltet. Auf dieses Verhältnis und dessen Bedeutung ist schon mehrfach hingewiesen worden[12]). Wenn dieser Quotient ungünstig ausfällt, so wird — wenn nicht ohnehin ein spröder Stoff vorliegt — das meist daran liegen, daß die Reißfestigkeit infolge der geschilderten Umstände zu stark herabgesetzt worden ist. Es bleibt zu erwägen, ob es sich in diesem Sinne nicht lohnt, die Veränderlichkeit der Reißfestigkeit planmäßig an gebräuchlichen Stoffen zu untersuchen.

Die meisten Stoffe (nach Lehr[13]) etwa 70 vH der untersuchten) gingen bei der Schwingungsbeanspruchung zu Bruch, sobald die plastischen Verschiebungen anwuchsen bei einer gleichzeitigen plötzlichen Steigerung der Arbeitsaufnahme. Die übrigen, etwa 30 vH, waren in der Lage, an der Ermüdungsgrenze noch beträchtliche plastische Verschiebungen zu erleiden. Dies wird entsprechend den gegenwärtigen Anschauungen mit dem Dämpfungsvermögen erklärt. Zur Dämpfung neigen im allgemeinen dehnfähige Stoffe. Mithin ist es auffallend, daß nach Lehr Aluminium und Kupfer kein Dämpfungsvermögen aufweisen sollen, weil sie schon an der Grenze geringster plastischer Verschiebungen ermüden. Sollte die frühzeitige Ermüdung nicht vielmehr daran liegen, daß trotz der Fähigkeit zur Dämpfung gerade diese beiden Stoffe (wie von mir festgestellt wurde) sehr unter Herabsetzung der Zerreißfestigkeit infolge von Schubverformungen leiden?

Wenn auch einzelne Stoffe geringe plastische Verschiebungen beim Schwingungswechsel dauernd zu ertragen vermögen, so liegt doch der unterste Gefahrenpunkt dort, wo die ersten plastischen Verschiebungen, verbunden mit entsprechender zunehmender Arbeitsaufnahme, eintreten. Diese Grenze mit der konventionellen statischen Elastizitätsgrenze in Einklang zu bringen, fällt schwer, weil diese plastische Verformungen duldet[14]). Die Proportionalitätsgrenze ist häufig nicht vorhanden oder liegt unverhältnismäßig niedrig; sie fällt obendrein bei der geringsten Überschreitung auf 0 herab[15]). Sie kommt mithin auch nicht in Betracht. Meine elastischen Messungen an Kupfer zeigten aber, daß es bei vorbelasteten, nicht gealterten Stoffen (und solche haben wir ja immer bei genügend hoher Schwingungsbeanspruchung) eine Grenze gibt, vergl. Abb. 5, bis zu der vollständige Rückgängigkeit der Dehnung, also Elastizität, aber keine Proportionalität vorhanden ist. Hin- und Rückgang schließen eine Hysteresisschleife ein (schraffiert), die trotz Rückgängigkeit ein geringes Arbeitsvermögen darstellt, ohne daß zugleich eine erhebliche äußere Arbeit aufgenommen wird. Nun stimmt diese Bedingung für diese Grenze mit dem Kriterium für die Ermüdungsgrenze nach Lehr überein, das besagt, daß die ersten schnell zunehmenden plastischen Verschiebungen, die mit entsprechender Arbeitsaufnahme verbunden sind, gefahrbringend sind. Diese statische Grenze voller Elastizität (ohne Proportionalität) wurde je nach dem Reckgrade zu 66 bis 75 vH der Streckgrenze ermittelt. Nach den Schwingungsversuchen von Lehr lag die Dauerfestigkeit bei einer Reihe veröffentlichter Ergebnisse[16]) im Durchschnitt bei 72 vH der Streckgrenze, steht also in sehr guter Übereinstimmung mit obigem Befund. Nur wenige sehr feste Stoffe wichen stärker von diesem Durchschnitt nach unten hin ab.

Jenseits dieser Grenze spielt sich im allgemeinen die Ermüdung ab. Die genaue Lage der Schwingungsfestigkeit bildet der Schnittpunkt aus zwei gegenläufigen Vorgängen: erstens der allmählichen Verminderung der Reißfestigkeit durch häufige Schubbewegungen, zweitens einer allmählichen Wiedererhöhung des Verformungswiderstandes entsprechend den Kurven 2, 4, 6, Abb. 5, nach vorangegangener Entfestigung. Diese Erhöhung des Verformungswiderstandes dürfte bei sehr erweichten Stoffen eine wesentliche Rolle spielen, so daß die Ermüdungsgrenze schließlich höher liegen kann als die ursprüngliche, sehr niedrige Streckgrenze.

Im Zusammenhang hiermit sei noch eine Erscheinung erwähnt, die beim Schwingungs- und statischen Versuch übereinstimmend vorhanden ist. Läßt man einen Probe-

[11]) W. Kuntze, s. Anm. [9]).
[12]) P. Ludwik, Z. Bd. 70 (1926) S. 379; Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) Nr. 2 S. 37; E. Schmid, ebenda S. 69.

[13]) Dissertation, Stuttgart 1925.
[14]) W. Kuntze, G. Sachs und H. Sieglerschmidt, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) Nr. 2 S. 64.
[15]) W. Kuntze, s. Anm. [8]).
[16]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) Nr. 2 S. 78.

stab kurze Zeit unter einer Beanspruchung arbeiten, die ihn bei längerer Dauer zum Bruch bringen muß, so vermag er kurz darauf unter geringeren Beanspruchungen dieselbe plastische Verschiebung zu erleiden. Er ist mithin weniger fest. Auch der statische Versuch, Abb. 3, zeigt denselben Vorgang. Läßt man zwischendurch den Stab sich erholen (altern), so tritt wieder eine größere Widerstandfähigkeit ein. Auch dies steht zur statischen Erscheinung in keinem Widerspruch.

Der Einfluß von Einkerbungen bewirkt naturgemäß eine starke Zusammenziehung der Verformungsvorgänge und wirkt somit beschleunigend auf den Zerreißvorgang. Aus vorangehenden Erwägungen geht aber hervor, daß auch ohne Einkerbung genügend Anlässe zur Zusammenziehung der Vorgänge auf die Bruchstelle vorhanden sind.

Zusammenfassung

Zwei Erscheinungen des Schwingungsbruches werden an der Hand statischer Versuche behandelt: 1. die Zusammenziehung der Verformung auf die Bruchstelle, 2. die Verminderung der Zerreißfestigkeit bis unter die Streckgrenze.

Die Zusammenziehung der Verformung wird als Folge der ersten örtlichen Verformung erklärt, die nach der ersten wechselnden Belastung an der betroffenen Stelle eine Verminderung des Verformungswiderstandes bis auf etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Streckgrenze hervorruft. Bei mehrmaligem Lastwechsel tritt alsdann wieder eine geringe Erholung des Verformungswiderstandes ein.

Die sich wiederholenden Hin- und Zurückbewegungen sind als Schubvorgänge aufzufassen, die im Gegensatz zu der ersten vorausgegangenen, von Faktoren des Kristallbaues abhängigen Verformung eine Verminderung des Zerreißwiderstandes bis unter die Streckgrenze erzeugen.

Die Lage der dynamischen Ermüdungsgrenze ist durch den gerade vorhandenen Verformungswiderstand nach wiederholter Belastung und durch Verminderung der Zerreißfestigkeit durch die Schubverformung bedingt.

Da die genannten Bedingungen bei statischen Prüfungen zahlenmäßig erfaßt werden können, wird auf den wahrscheinlichen Erfolg einer planmäßigen Untersuchung in dieser Hinsicht aufmerksam gemacht.

[B 1608]

Tankwagen zum Entleeren von Gaswassertöpfen

Zum Entleeren von Gaswassertöpfen dienen häufig noch Wagen mit Pferde- oder Motorantrieb, bei denen die Pumparbeit von zwei Arbeitern geleistet wird. Diese Arbeit ist aber sehr anstrengend und zeitraubend, so daß man in den Städten immer mehr zum Betrieb von Wagen übergeht, bei denen das Wasser mittels maschineller Kraft aus den Gaswassertöpfen gepumpt wird.

Einen solchen Wagen neuerer Bauart, den z. B. die Berliner Städtischen Gaswerke bereits seit über einem Jahr in Betrieb haben, zeigt Abb. 1. Der Wagen ähnelt in seinem Aufbau, Abb. 2 und 3, und in seiner Wirkungsweise den hier bereits früher beschriebenen Lastkraftwagen zur Abfuhr von Jauche und Dünger[1]). Auch hier wird das Wasser aus den Töpfen dadurch angesogen, daß eine angebaute Luftpumpe *a*, und zwar eine Umlaufpumpe der Vielzellenbauart, im Innern des Kessels *b* einen Unterdruck erzeugt. Dieser beträgt bei 1450 U/min rd. 95 vH. Beim Entleeren des Wagens arbeitet die Pumpe als Verdichter und erzeugt bis zu 1,5 at Überdruck. Das Sicherheitsschwimmerventil *c* im Dom *d*, wo die Luft abgesogen wird, verhindert selbsttätig das Überfüllen des Kessels. Wird der Kessel beim Entleeren unter Druck gestellt, so bläst das Sicherheitsventil *c* bei rd. 1 bis 1,5 at je nach Einstellung ab. Außerdem ist die Pumpe *a* durch einen Sicherheitstopf *e* mit Messingschwimmer gegen das Eindringen von Wasser geschützt. Das Gehäuse dieses Topfes ist mit einem Schauglas versehen. Die Pumpe erhält ihren Antrieb vom Fahrzeugmotor und wird mittels des Handhebels *f* in Betrieb gesetzt. Zur Umstellung von Saugen auf Drücken dient der Vierwegehahn *g*. Die aus der Pumpe abströmende, mit Gas verunreinigte Luft wird im Auspuff *h* durch besondere Siebe geführt, die die Explosionsgefahr beseitigen.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1443.

Abb. 1
Tankwagen der Berliner Städtischen Gaswerke zum Entleeren von Gaswassertöpfen.

Die Ausrüstung des Saugschlauches zeigt Abb. 4. An dem eingebauten gasdichten Schauglas *a* kann der Bedienungsmann stets rechtzeitig erkennen, ob alles Wasser aus dem Gaswassertopf entfernt ist und Gas nachströmt. In diesem Augenblick läßt der Bedienungsmann durch Umstellen der Pumpe auf Drücken so viel Gaswasser zurücklaufen, daß die Saugleitung wieder frei von Gas ist. Sodann wird der Hahn hinter dem Schauglas geschlossen. Während der Weiterfahrt zwischen den einzelnen Gaswassertöpfen bleibt der Schlauch mit dem Wasser gefüllt. Zum Schluß wird der Inhalt des Schlauches wieder in den Kessel gesogen, wobei der Lufthahn *b* geöffnet werden muß.

Abb. 2 und 3
Tankwagen 5000 l Inhalt für Gaswassertopf-Entleerung.

a Luftpumpe
b Kessel
c Sicherheitsschwimmerventil für Saugen
c_1 Sicherheitsventil für Druck
d Dom
e Sicherheitstopf für die Luftpumpe
f Handhebel f. d. Luftpumpe
g Vierwegehahn
h Auspufftopf
i Anschluß für den Saugschlauch mit Kugelgelenk
k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 Schaugläser
l Schlauchträger

Abb. 4
Saugeschlauch

a Schauglas *b* Lufthahn *c* Standrohr *d* Durchgangshahn *e* Kugelgelenkstück

Mit der Pumpanlage kann ein Gaswassertopf von 600 l Inhalt in 5 bis 10 min entleert werden, während man hierfür bei Handbetrieb viel längere Zeit brauchen würde. Die Pumpe, die schon während der Fahrt zum Arbeitsplatz den Behälter leersaugen kann, hat einen Energieverbrauch von 4 bis 5 PS. Die Wagen werden von der Firma Keller & Knappich, Augsburg, für 1, 2, 3 und 5 m³ Kesselinhalt gebaut. Ein Wagen von 2 m³ Inhalt kann an einem Tage 2- bis 3mal gefüllt und entleert werden, je nach den Entfernungen der Gaswassertöpfe vom Gaswerk, in dem die Wagen entleert werden. [M 1961]

Berlin H. Seidel

Durchflußbeiwerte der IG-Meßmündungen für Wasser, Öl, Dampf und Gas

Von Dr. R. Witte, Ludwigshafen am Rhein

(Mitteilungen aus dem Physikalischen Laboratorium der Betriebskontrolle Oppau der I.-G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft)

Mitteilungen über die umfangreichen Erfahrungen im Messen der verschiedenartigsten Medien mittels zweier in der früheren Badischen Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, schon im Jahre 1910 eingeführten Drosselscheibenformen. Messungen der Durchflußbeiwerte für Wasser, Dampf, Luft und Öle in Rohren von 50 bis 500 mm Dmr. Vergleich von zwei IG-Düsen mit zwei VDI-Düsen von gleichen Mündungs- und Rohrdurchmessern.

Lappesche Eichung der IG-Meßscheibe

Eine ausgedehnte und ständig anwachsende Literatur über die Stauscheiben-Meßmethode, angewendet auf alle Arten von strömenden Mitteln wie Gas, Dampf, Flüssigkeiten, zeigt das starke Bedürfnis nach einer zuverlässigen Mengenmessung.

Die Forderungen, welche die Praxis auf diesem Gebiet in chemischen Großbetrieben stellt, sind durch die bekanntgewordenen Mündungsbeiwerte nicht zu befriedigen gewesen. Es erscheint daher berechtigt, hier über die Ergebnisse einer rd. 18jährigen Erfahrung zu berichten, da während dieser Zeit in vielseitigen Anwendungen auf breitester Grundlage gesicherte Unterlagen für Gas-, Dampf- und Flüssigkeitsmessungen mittels des Stauprinzips geschaffen worden sind. In den Werken Oppau und Leuna der früheren Badischen Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, war es notwendig, Energie- und Gasverarbeitungsbetriebe von der Betriebsaufnahme an durch weitgehende Meßeinrichtungen zu überwachen und auch die Abnahmeversuche von Anlagen aller Art auf zuverlässige Messungen zu gründen.

Die einheitliche Grundlage für Mengenmessungen bilden die abgerundeten und scharfkantigen[1]) Drosselscheiben, Abb. 1 und 2, ausgewählt aus den in der Weisbachschen Hydraulik angegebenen Formen, mit Druckentnahme unmittelbar vor und hinter der Staufläche, und zwar an je einer Stelle. Die Durchflußbeiwerte wurden schon im Jahre 1910 in ihrer Abhängigkeit vom Öffnungsverhältnis

$$m = \frac{\text{Drosselscheibenquerschnitt}}{\text{Rohrquerschnitt}}$$

von Direktor Dr.-Ing. E. h. F. Lappe[2]) mit Luft in 80 und 100 mm-Rohren ermittelt. Die Durchflußbeiwerte, Abb. 3 und 4, sind bis vor kurzem für Luft, Gase und Dampf bei allen vorkommenden Drücken bis 250 at in Leitungen bis zu 1600 mm Dmr. ohne besondere Eichung sehr ausgiebig benutzt worden. Die I.-G. Farbenindustrie stellt mittels dieser Werte die Energiebilanzen für die Erzeugung und die Verteilung von Dampf, Druckluft, Kraftgas vollständig auf und führt damit in den gas-, dampf- oder laugeverarbeitenden Betrieben die Verteilung sowie die Ausbeutebestimmung durch. Der Umfang der Anwendung geht daraus hervor, daß allein in Oppau in den letzten fünf Jahren über 5000 Drosselscheiben angefertigt wurden und allein in Oppau täglich rd. 11 Mill. m³ Gas an 129 Meßstellen mit selbsttätiger Aufzeichnung in Leitungen bis zu 1600 mm Dmr. bei normalem Gasdruck an den Erzeugungs- oder den Verbrauchstellen gemessen werden. Ferner wird der wesentlichste Teil hiervon an weiteren 106 Meßstellen mit selbsttätiger Aufzeichnung bei Drücken bis zu 240 at gemessen. Für Dampf sind 155 Meßstellen und Leitungen bis zu 400 mm Dmr. für täglich 8500 t, und für Flüssigkeiten verschiedener Art: Speisewasser, Laugen usw., sind 58 Meßstellen vorhanden. Diese Zahlen werden von denen im Werk in Leuna noch um ein Vielfaches übertroffen.

[1]) Bekannt als „Staurand", vergl. Regeln für Leistungsversuche an Kreiselpumpen, Berlin 1928.
[2]) Nicht veröffentlicht.

Abb. 1 Scharfkantige Drosselscheibe.

Abb. 2 Abgerundete Drosselscheibe. Bei Drosselscheiben, bei denen der Durchmesser d größer als 30 mm ist, beträgt der Halbmesser der Abrundung $\frac{d}{3}$.

Abb. 3 und 4
Durchflußbeiwerte, abhängig vom Öffnungsverhältnis.

Ursachen für die Neueichung der IG-Meßscheiben

Mit wachsender Erfahrung zeigte sich, daß bei Gasen in großen Rohrweiten Abweichungen von 1 bis 3 vH bei den Kontrollmessungen, Doppelmessungen mit andern Rohrweiten oder anderm Öffnungsverhältnis, ferner gegenüber den aus chemischen Daten zu erwartenden Werten auftraten und daß zwischen der Dampferzeugung im Kesselhaus und dem mit besonders geeichten Wasserdüsen gemessenen Speisewasser unauffindbare Unterschiede von 1,5 bis 2 vH auftraten, die sich in gleicher Höhe auch bei den Wassereichungen des Verfassers gegenüber den Lappeschen Lufteichungen ergeben hatten. Der unbeschränkte Gültigkeitsbereich der Beiwerte wurde hiernach zweifelhaft, und ich entschloß mich, die Durchflußbeiwerte mit der infolge Erfahrung und durch größere Mittel inzwischen gesteigerten Meßgenauigkeit erneut zu bestimmen und die Untersuchungen auf größere Rohrweiten und auf Dampf auszudehnen. Für den letztgenannten Fall mußten teilweise die nur im Werk Leuna vorhandenen großen Turbinen-Kondensationsanlagen herangezogen werden, wobei bei den zugleich als Abnahmeversuche verwerteten Versuchen z. T. Prof. Dr. Loschge, München, als Abnahmegutachter, sowie die maßgebenden Ingenieure der betreffenden Turbinenfabriken zugegen waren. Für die Wassereichung stellte uns die Firma Siemens & Halske, Berlin, ihre dortige Eichstation für größte Rohrweiten in dankenswerter Weise zur Verfügung.

Ferner beabsichtigte ich, bei der Prüfung der Gültigkeitsgrenzen der Meßmündungen auch die Anwendbarkeit des Ähnlichkeitsprinzips zu untersuchen. Nach dem Erscheinen der Schillerschen Forschungsarbeit[3]) wurde untersucht, ob und wo die Grenzen zwischen Laminar- und Turbulenzströmung in die auftretenden Betriebsmeßbereiche fallen. Als ein physikalisch sehr beachtenswertes Kennzeichen für den Übergang der Turbulenz zeigte sich das Eintreten einer Flackererscheinung an einem elektrisch zum Glühen gebrachten, quer zur Strömungsrichtung gespannten dünnen Draht. Der Einfluß dieser Erscheinungen wurde zahlenmäßig vorläufig nicht weiter verfolgt, da bei den vorkommenden Mengenmessungen so niedrige Rey-

[3]) Forschungsh. 243 herausgeg. vom V.d.I.

Abb. 5 bis 12. Eichungen von abgerundeten
(Die Durchflußbeiwerte für Rohre von 500 mm Dmr. sind in den umstehenden Zahlentafeln 1

noldssche Zahlen nicht auftraten. Inzwischen wurde bekannt, daß auch im Gebiete der Turbulenz die Durchflußbeiwerte von Staugeräten einen Reibungseinfluß zeigen; und seit 1916 hat zuerst Hodgson auf Veranlassung von Lord Rayleigh das für die Reibungsvorgänge im Kreisrohr aufgestellte Ähnlichkeitsprinzip auch auf die Strömung der Drosselscheiben angewendet und behauptet, daß auch hier, bei geometrisch ähnlichen Scheiben und gleichen Einlaufbedingungen, der Einfluß der Reibung nur als Funktion der Reynoldsschen Zahl

$$R = \frac{\text{Rohrdurchmesser} \times \text{Geschwindigkeit}}{\text{kinematische Zähigkeit}}$$

auftritt. Dieses Verfahren würde gestatten, auf dem Eichstand schwierig herzustellende Betriebsbedingungen durch Modelle nachzuahmen, insbesondere alle Scheiben, einerlei für welches Medium, mit Wasser zu eichen. Da dies von großer praktischer Bedeutung ist, sind die Eichungen, einmal auch auf zähe Flüssigkeiten ausgedehnt, von Dr.-Ing. H. Beckmann ausgeführt worden. Dabei zeigte sich, daß der Einfluß bis zu Reynoldsschen Zahlen geht, die den Lappeschen Lufteichungen entsprechen, so daß diese nur in einem kleinen Bereich gelten. Zugleich wurde bei den Eichungen mit Dampf möglichst Anschluß an die entsprechenden Reynoldsschen Zahlen der Wassereichungen

und scharfkantigen IG-Meßscheiben mit Wasser.
und 2 aufgenommen, weil die Versuchsergebnisse im Versuchsbereich eine Gerade bilden.)

angestrebt. Schließlich haben wir die Eichungen für kleinere Reynoldssche Zahlen mit Luft fortgesetzt, und zwar in einem unmittelbaren Verfahren, da die hier notwendige Genauigkeit von mehr als 1 vH bei einer Gasometereichung nicht erreichbar schien.

Im folgenden berichten wir daher über die Eichergebnisse:

1. mit Wasser in Rohren von 50 bis 500 mm,
2. mit Dampf in Rohren von 50 bis 500 mm Dmr. und Drücken von 4 bis 40 at, bei gleichen oder höheren Reynoldsschen Zahlen,
3. mit zähen Flüssigkeiten und mit Luft im Gebiet kleinerer Reynoldsscher Zahlen als bei Wasser.

In bezug auf die mit Unterstützung des Vereines deutscher Ingenieure inzwischen untersuchten und als Normalmeßdüsen in Aussicht genommenen Scheibenformen liefern diese Eichungen für die scharfkantige Scheibe eine Ergänzung der von Jakob und Kretzschmer sowie Spitzglaß[3a]) veröffentlichten Arbeiten in der Richtung, daß sie eine absolute Genauigkeit von mindestens 1 vH ergeben und den Nachweis der Anwendbarkeit für alle Medien bei Beachtung einer bestimmten unteren Grenze in der Unveränderlichkeit der

[3a]) Forschungsh. 267, herausgeg. vom V. d. I., Z. Bd. 72 (1928) Nr. 4 S. 216, Z. Bd. 70 (1926) S. 980, Z. Bd. 71 (1927) S. 703 und 851.

Beiwerte bringen. Über die VDI-Düse nach dem Vorschlag von Professor Dr. Prandtl, Göttingen, liegen keine umfangreichen Erfahrungen vor, da sie für diese Zwecke zu spät[4]) kam und gegenüber den Vorteilen der abgerundeten IG-Düse wesentliche Nachteile hat. Sie ist schwieriger herzustellen und gebunden an ein festes Durchmesserverhältnis $m = 0,16$, da die vorgeschlagene Umrechnung auf einen andern Wert nach den unten mitgeteilten Druckverlaufmessungen in Drosselscheibennähe nicht zulässig ist; vor allem aber weist sie eine viel größere Veränderlichkeit des Beiwertes infolge der Abhängigkeit vom Druckunterschied auf. Der letzte Teil dieser Arbeit enthält Eichungen der „Normaldüse" sowie der IG-Düse bei entsprechenden Verhältnissen.

Eichungen mit Wasser

Abb. 5 bis 12 und Zahlentafel 1 und 2 zeigen die Eichergebnisse mit Wasser, die zum größten Teil mit eigener Eicheinrichtung für höchstens 280 m³/h gewonnen sind. Die 300 und 500 mm-Scheiben sind auf der Großwassermesser-Eichstation des Wernerwerkes geeicht worden, wobei drei Scheiben, die mit kleiner Geschwindigkeit in Oppau, mit größerer in Berlin, geeicht sind, Abb. 5 bis 12, praktisch anschließende Werte ergaben.

Auf dem Oppauer Eichstand, Abb. 13, mit einem Eichbehälter von 8 m³ Inhalt, wurde nach der Einstellung der gewünschten Wassergeschwindigkeit die Zeit zwischen dem Durchlaufen mehrerer Marken gemessen; letzteres wurde mittels einer Schwimmereinrichtung mit elektrischem Vorsignal und Einschlag-Hauptsignal an den Ort der Differentialmanometer-Ablesungen übertragen.

[4]) Inbetriebnahme des Werkes Oppau im Jahre 1912; die VDI-Düse ist 1925 entstanden.

Abb. 13
Wassermesser-Eicheinrichtung für höchstens 280 m³/h.

a Kontaktschlitten
b Ablaufschieber
c Schwimmer
d Eichgefäß (8 m³)
e Fallrohr
f Beruhigungsrohr für den Schwimmer
g unveränderlicher Gegendruck
h Regelventil
i Drosselscheibe
k Strahlregler
l Absperrventil
m Beruhigungssiebe
n Windkessel
o Wasserzulauf
p Luftpuffer
q Druckluftanschluß

Abb. 14
Meßstrecken für Wassereichung bei Siemens & Halske, A.-G., Wernerwerk.

a zum Tiefbehälter
b Regelventil
c Drosselscheibe
d Strahlregler
e Woltmannmesser
f Wasserstände
g Überlauf
h geeichter Behälter von 13 m³ Inhalt
i Hochbehälter von 5000 mm Dmr., 9000 mm Höhe und 180 m³ Inhalt
k dauernder Zulauf
l Überlauf
m Füllung aus dem Tiefbehälter

Zahlentafel 1
Abgerundete Scheibe

m	Grenzen der Druckunterschiede bei den Messungen Q.-S. gegen W.-S.	Durchflußbeiwert im Mittel	Wassertemperatur
0,16	von 11,94 bis 199 mm	0,99	23°
0,271	„ 15,15 „ 199 „	1,013	23°
0,441	„ 8,1 „ 200 „	1,06	22°

Zahlentafel 2
Scharfkantige Scheibe

m	Grenzen der Druckunterschiede bei den Messungen Q.-S. gegen W.-S.	Durchflußbeiwert im Mittel	Wassertemperatur
0,116	von 100 bis 300 mm	0,603	21°
0,25	„ 23,9 „ 300 „	0,624	21°
0,436	„ 23,9 „ 200 „	0,669	21°
0,578	„ 15,95 „ 200 „	0,722	21°

Im Wernerwerk, Abb. 14, mit einem Eichbehälter von 180 m³ Inhalt, wird der hydraulisch übertragene Hochbehälterstand in der Ruhe abgelesen, so daß Einlauf- und Auslaufzeit in die Eichung eingehen. Geeicht wird mittels eines mitlaufenden Flügelrad-Wassermessers, indem man nach schneller Einstellung der gewünschten Geschwindigkeit die Durchflußzeit einer bestimmten, am Wassermesser abzulesenden Wassermenge, feststellt. Die aus Einzeleichungen zusammengesetzte Eichkurve, Abb. 15 des verwendeten Flügelrad-Wassermessers zeigt deren Streuung.

Der Beiwert k ist definiert durch die Beziehung

$$V = k\, d^2 \cdot 0{,}000\,396 \sqrt{\frac{\gamma - s'}{s}} \sqrt{d\,p}\,,$$

V = Menge der Meßflüssigkeit in m³/h,
$d\,p$ = Druckdifferenz in mm Q.-S. gegen W.-S.,
d = Durchmesser der Drosselscheibe in mm,
γ = spez. Gewicht der Meßflüssigkeit im Differentialmanometer in kg/l,
s' = spez. Gewicht des Wassers im Differentialmanometer in kg/l,
s = spez. Gewicht des Wassers in der Drosselscheibe in kg/l.

Auf das Herausrechnen der Vorgeschwindigkeit und auf das Zurückführen auf den Kontraktionsbeiwert μ nach der üblichen Beziehung

$$k = \frac{\mu}{\sqrt{1 - m^2\,\mu^2}}\,.$$

sei verzichtet. Denn bei praktischen Messungen bekommt man den wahren inneren Druckverlust nicht. Die Druckentnahme am Rohrrand ergibt nicht genau den

Abb. 15
Zahlenkurve des Woltmann-Messers auf der Großwassermesser-Eichstation von Siemens & Halske, gefunden bei der Eichung der Scheiben für 500 mm Rohrdurchmesser.

mittleren Druck. Man müßte ferner die Drücke im unverengten Einlaufquerschnitt und im engsten Strömungsquerschnitt messen, was praktisch unbequem und unsicher ist. Der Druckverlauf in der Nähe der Drosselscheiben ist in einer großen Zahl von Einzelmessungen aufgenommen worden, Abb. 16 und 17. Der Druck im „toten Winkel" der Meßscheibe, einerlei ob auf der Scheibe selbst oder am Rohr, aber immer ganz in der Ecke entnommen, zeigt nach Abb. 18 und 19 einen erheblichen Anstau gegen den noch voll ausgefüllten Rohrquerschnitt in einer Entfernung von 1,5 bis 0,4 D vor der Scheibe und ebenfalls eine Erhöhung gegen die Einschnürung in 1 bis 0,3 D Abstand dahinter. Schließlich ist doch etwas Reibung vorhanden, die sich, wenigstens bei engen Leitungen, bei kleinen Geschwindigkeiten und bei zäheren Flüssigkeiten erheblich bemerkbar macht. Man muß daher für jede Drosselscheibenform und für jeden Rohrdurchmesser die Beiwerte k als Funktion nicht nur von m, sondern auch von der Geschwindigkeit und von der Zähigkeit durch Eichung bestimmen.

Die gefundene Streuung läßt entweder auf eine Rohrdurchmesser-Abhängigkeit schließen oder wahrscheinlicher auf einen Einfluß der Rohrrauhigkeit; denn die

Abb. 18, 19 und 19 a Unterschied des Druckes in vH des Gesamtdruckabfalles in unmittelbarer Nähe der Meßscheibe gegenüber dem Druck in einigem Abstand davon.

Abb. 16. Drosselscheibe für 500 mm-Rohr.

Abb. 17. Drosselscheibe für 100 mm-Rohr.

Abb. 16 und 17. Anordnung der Druckmeßstellen.

niedrigen Werte sind die an den glatten Rohrstücken nach Abb. 16 und 17 gefundenen, die höheren sind an gewöhnlichen Rohrstücken erhalten. Abb. 19 gestattet die Umrechnung der unmittelbar an der Scheibe gemessenen Beiwerte in solche, die in 1 D vor der Scheibe und an der Einschnürung gemessen sind. Auffällig ist, daß der Druckabfall hinter der Scheibe bei der abgerundeten Scheibe fast dieselbe Höhe wie bei der scharfkantigen trotz der viel größeren Zusammenschnürung bei dieser erreicht. Ferner zeigt sie den großen Einfluß der Art der Druckentnahme bei größerem Öffnungsverhältnis m und damit der Weite der Anbohrungen, insbesondere bei kleinen Rohrdurchmessern.

Wie die Abbildungen 5 bis 12 zeigen, ist eine mittlere Genauigkeit von ± 0,5 vH erreicht worden. Diese Grenze war vom Betrieb verlangt und war besonders bei den scharfkantigen Scheiben auch zum eindeutigen Nachweis der Rohrdurchmesser-Abhängigkeit nötig. Sie konnte unter folgenden Voraussetzungen gewonnen werden: durch zuverlässige Werkstattarbeit — Profilkontrolle mittels Schablone und durch Abfühlen, unverletzte Auslaufkante des zylindrischen Stückes bei der abgerundeten Scheibe —, durch zentrischen Einbau hinter einer geraden, glatten Rohrstrecke in einer Länge von mindestens 10 Durchmessern ohne vorstehende Dichtung und mittels genügend kleiner Anbohrungen von 2 bis 3 mm Dmr.; dann muß auch die Strömung von groben Wirbeln frei sein, die nach schraubenartig einander folgenden Krümmern auftreten und durch zusätzliche Fliehkräfte die Druckmessung fälschen. Alle Scheiben waren an zwei um 180° versetzten Stellen angebohrt, so daß die Druckunterschiede also doppelt gemessen wurden, wobei sich bei großem m manchmal trotz vorgelegtem Gleichrichter in der Form von Rohrbündeln Unterschiede ergaben. Indessen waren diese nie so groß, daß der Mittelwert aus den beiden Druckentnahmestellen die Meßgenauigkeit von ± 0,5 vH in Frage stellte.

Zum Erreichen dieser Genauigkeit empfiehlt es sich, große m-Werte zu vermeiden und bei unregelmäßiger Leitungsführung vor dem 10 D langen Rohrstück, den Druckunterschied in bekannter Weise an Ringspalten abzunehmen oder wenigstens durch Abnahme an mehreren auf den Umfang gleichmäßig verteilten Einzelstellen die

Abb. 20
Beiwerte der abgerundeten IG-Drosselscheibe, abhängig von m.

Gleichmäßigkeit der Strömung vorher zu prüfen. Auf den Einbau von Gleichrichtvorrichtungen wird man dann in den meisten Fällen verzichten können. Weiter ist das Innenmaß der Rohrleitung genau festzustellen, insbesondere bei scharfkantigen Scheiben. Zur genauen Bestimmung von m habe ich bei den kleinen Rohrdurchmessern von 50 und 100 mm die Drosselscheiben nach Abb. 16 und 17 ausgeführt.

Die Eichungen mit Wasser haben oberhalb einer gewissen Geschwindigkeit bei jeder Scheibe einen unveränderlichen Beiwert mit ± 0,5 vH Genauigkeit sowohl bei der abgerundeten, wie bei der scharfkantigen Scheibe ergeben. Beim Rohr von 500 mm Dmr. ist der Beiwert vollkommen unverändert; mit kleiner werdendem Rohrdurchmesser wird der Beiwert mit immer größeren Abweichungen infolge der größeren Geschwindigkeit veränderlich. Beim Rohr von 50 mm Dmr. erstreckt sich die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Beiwerte sogar bis zu einem Druckunterschied bei der Düse von mehr als 400 mm Q.-S. gegen W.-S. Bei scharfkantigen Scheiben ist der Beiwert auch noch bei der engsten Leitung bis zu einem Druckunterschied von 50 mm Q.-S. gegen W.-S. unverändert. Unter dem Einfluß der Reibung fällt der Beiwert der abgerundeten Scheibe ab und steigt der Beiwert der scharfkantigen Scheibe an.

Trägt man die bei genügend großer Geschwindigkeit gültigen unveränderlichen Beiwerte für Wasser als Funktion von m auf, so bilden sie bei der abgerundeten Scheibe eine einzige k-Kurve, Abb. 20, mit einer Streuung von 1 vH für 46 Scheiben, ein Beweis, daß von einer gewissen Grenze an bei der abgerundeten IG-Düse auch kein Einfluß des Rohrdurchmessers bemerkbar ist, ferner ein Beweis, daß solche Scheiben so sicher hergestellt werden können, daß sie keiner Eichung im einzelnen bedürfen. Bei der scharfkantigen Scheibe erhält man für jeden Rohrdurchmesser eine besondere k-Kurve, Abb. 21, derart, daß mit wachsendem Rohrdurchmesser die Beiwerte abnehmen.

Eichung mit Wasserdampf

Die Geschwindigkeitsunabhängigkeit der mit Wasser ermittelten Beiwerte haben wir mit überhitztem Dampf nachgeprüft, bei 23 Scheiben in Rohren von 50 und 100 mm Dmr., bei neun Scheiben in Rohren von 300 mm Dmr. und bei je einer abgerundeten Scheibe in Rohren von 400 und 500 mm Dmr. Abb. 22 bis 32 enthalten die Ergebnisse für die Rohre von 50 und 100 mm Dmr., die im Oppauer Eichraum mit einem kleineren Oberflächenkondensator unter sorgfältiger doppelter Messung der Drücke, der Temperatur- und der Druckunterschiede gemessen wurden. Letztere wurden auch hier wieder an zwei voneinander unabhängigen Meßstellen abgelesen, Abb. 33, sowohl an engen wagerechten Anbohrungen, als auch in senkrechten Anbohrungen mit Niveaugefäßen, die indessen eine Bohrung von mehr als 5 mm verlangen, um Tropfenansatz mit zusätzlichen Oberflächenkräften zu vermeiden. Aus diesem Grund, und weil die Dampfrohre nicht genau denselben Durchmesser wie die Wasserrohre hatten, wurden alle Scheiben auch mit Wasser in denselben Rohren geeicht, um möglichst unabhängig von den mit dem Einbau und den Anbohrungen zusammenhängenden Fehlerquellen zu werden. Die Beiwerte für Dampf bleiben oberhalb 4 at im ganzen meßtechnisch wichtigen Bereich unverändert und sind genau dieselben wie bei Wasser bei genügender Geschwindigkeit. Bei den scharfkantigen Scheiben kommen bei Dampf auch etwas kleinere Werte vor, und es bleibt zweifelhaft, ob diese innerhalb der Fehlergrenzen liegen, oder ob bei den höheren Reynoldsschen Zahlen des Dampfes gegenüber Wasser der Beiwert noch ein wenig absinkt. Ein Einfluß des Druckes ist jedenfalls über 4 at nicht bemerkbar und auch nicht zu erwarten, da dann die Reynoldsschen Zahlen bei gleichen Druckunterschieden, d. h. gleichen Geschwindigkeiten vom Druck nicht mehr stark beeinflußt werden. Sie verhalten sich bei Dampf von 250 ° gegen Wasser von 15 ° etwa wie

4,2 : 1 bei 20 at
3,7 : 1 „ 10 „
2,5 : 1 „ 4 „
1,7 : 1 „ 2 „
1,2 : 1 „ 1 „
} Zähigkeiten für Dampf nach Speyerer, bezw. extrapoliert.

Für Leitungen von 300 mm Dmr. und mehr mußten die Kondensatoren von einer bis schließlich drei 8000 kW-Turbinen während des Betriebes benutzt werden. Die Versuchsanordnung zeigt Abb. 34. Zwischen der Dampfscheibe und dem Kondensatbehälter waren alle Leitungsstücke, durch die Dampf oder Wasser fort- oder zufließen könnte, abgeblendet oder geöffnet, oder durch Doppelsitzschieber mit entspannter Zwischenkammer kontrolliert. Die Schwankungen im Wasserstand der Kondensatoren zwischen Anfangs- und Endzeichen wurden aufgezeichnet; sie waren aber belanglos, da die Kondensatoren stets leer gesaugt wurden. Die Dichtheit der Kondensatoren wurde sowohl chemisch als auch durch Beobachten des Wasserstandes nach Abstellen der Turbine geprüft. Der Stopfbüchsenverlust war in die Kondensatoren geleitet; die von der Wasserstrahl-Vakuumpumpe mitgezogenen Brüden wurden aus Injektorwassermenge und Temperaturerhöhung errechnet, unter Vernachlässigung der Luftkompressionsarbeit. Für jede Scheibe wurden im Bereich von 60 bis 200 mm Q.-S. gegen W.-S. Druckunterschied vier bis sechs Einzelmessungen ausgeführt, wobei die Turbinenleistung möglichst unverändert gehalten wurde; die Einzelmessungen

Abb. 21
Beiwerte der scharfkantigen Drosselscheibe.

gen des Beiwertes schwankten um den Mittelwert um weniger als 1 vH, gelegentlich um nur 0,2 vH; die Mittelwerte fallen wieder in die Beiwertkurven für Wasser und sind für die abgerundete Scheibe bereits in Abb. 20 eingetragen. Die Einzelergebnisse sind in Abb. 22 bis 32 enthalten. Der Inhalt der aufgestellten Eichbehälter zwischen zwei Eichstrichen betrug einmal rd. 13,5 t, bei der Düse von 500 mm Dmr. 65 t.

Schließlich ist zu erwähnen, daß in zwei Fällen auch Düseneichungen bei 40 at abs durchgeführt werden konnten, indem mit den oben geeichten Düsen auf der Gegendruckseite von Höchstdruck-Vorschaltturbinen unter Hinzufügung des ebenfalls gemessenen Stopfbüchsendampfes, die tatsächliche Dampfaufnahme auf der 40 at-Eintrittseite der Turbine festgestellt wurde. Die Beiwerte fallen auch hier in unsre k-Kurve unter Benutzung der neuesten Münchener Werte für das spezifische Volumen.

In allen Fällen konnte somit der für Garantienachprüfungen einzusetzende Meßscheibenbeiwert mit einer Genauigkeit von ± 0,5 vH durch unmittelbare Eichung bestimmt und dabei gezeigt werden, daß eine Eichung mit Wasser zu demselben Ergebnis führt.

Die Gleichung für k lautet hier, unter Berücksichtigung der Dampfdehnung in der Drosselscheibe,

$$G = k \cdot 0{,}044\,36\, d^2 \sqrt{\frac{\mathrm{d}p}{v}} \sqrt{1 - \frac{\mathrm{d}p}{p}\frac{3}{2k}} \text{ kg/h}$$

bei 25° Temperatur im Differentialmanometer

$\mathrm{d}p$ = Druckunterschied in mm Q.-S. gegen W.-S.,
p = Druck vor der Drosselscheibe in at abs,
d = Drosselscheibendurchmesser in mm bei der Temperatur des Dampfes,
v = spezifisches Volumen in m³/kg,
k = 1,31.

Der letzte Wurzelausdruck ist eine bequeme Annäherung an den St. Venant-Wantzelschen Ausdruck

$$\sqrt{\frac{k}{k-1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right] p_1}$$

und zeigt gegen diesen bezw. die von Bendemann und Loschge durch Versuche gefundenen Werte erst bei 15 vH Druckunterschied des Leitungsdruckes eine Abweichung von 0,6 vH.

Eichungen mit zäheren Flüssigkeiten und druckloser Luft

Es wird nunmehr das insbesondere bei engen Rohrleitungen immer mehr in Erscheinung tretende Gebiet der Veränderlichkeit der Beiwerte untersucht, in dem die Reibung und damit die Reynoldssche Zahl von Einfluß ist. Abb. 35 zeigt die Eichergebnisse an je einer scharfkantigen und abgerundeten Scheibe mit Ölen der verschiedensten Zähigkeit in einem Rohr von 50 mm Dmr. Hier verliert das Auftragen der Beiwerte als Funktion des Druckunterschiedes seinen Sinn, da Änderungen der Temperatur um wenige Grade die Kurve um mehrere Hundertteile verschieben können. Dagegen bewährt sich die Reynoldssche Zahl als Abszisse. Die Beiwerte bilden nunmehr, wenigstens für jede einzelne Scheibe, eine einzige Kurve, die in die Wasser-Kurve ausläuft. In dem Gebiet der Reynoldsschen Zahlen zwischen 10² und 10⁵ zeigen beide Scheibenformen eine starke Veränderlichkeit des Beiwertes, die ihre Eignung für eine Messung mit selbsttätiger Aufzeichnung sehr erschwert. Die scharfkantige Scheibe hat einen unveränderlichen Beiwert bis zu erheblich niedrigeren Reynoldsschen Zahlen, während die Düse wenigstens bei kleinem m beim Übergang zum unveränderlichen Beiwert ein labiles Gebiet durchläuft, das vermutlich durch eine Änderung des Strömungsbildes im zylindrischen Teil der Düse bedingt ist. In diesem Gebiete dürfte die Verwendung der Düse unsicher sein, wenn man ± ½ vH Genauigkeit verlangt.

Abb. 22 bis 32
Dampfeichungen.

Abb. 33
Anordnung der Meßstellen mit Niveaugefäßen bei den Dampfmessungen.

Abb. 34
Einrichtung zum Eichen der Meßdüsen für 300 mm Rohr-Dmr. und mehr mit Dampf.

Temperatur- / Druck- } Meßstelle
Drosselscheibe mit Differentialmanometer
Hochdruckdampfschieber
Dampf-(Wasser-)schieber
Blindscheibe nach Bedarf
Dreiwegehahn

In den Abbildungen 36 und 37 sind für zwölf Scheiben in Rohren von 50 und 100 mm Dmr. die vollständigen Beiwertkurven für Dampf, Wasser und Öle aufgetragen. Der Übergang der Dampfbeiwerte in die Wasserbeiwerte vollzieht sich mit wenigen Ausnahmen so einwandfrei, wie nach der Versuchsgenauigkeit zu erwarten war. Im Gebiete des Reibungseinflusses zeigt sich hier wieder die Abhängigkeit von der Reynoldsschen Zahl; es soll aber hier nur der Charakter der Kurve gezeigt werden, denn es ist noch zu untersuchen, inwieweit dieser Teil der Kurve von der Rohrrauhigkeit abhängt.

Abb. 36 und 37 Beiwertkurven in Abhängigkeit von der Zähigkeit.

Im Gebiet des merklichen Einflusses der Reibung liegt auch das Meßgebiet für drucklose Luft, die hier als Vertreter der Gase herangezogen wurde. Ich glaubte, bei unmittelbarer Eichung mit einem Gasbehälter die hier notwendige Genauigkeit nur sehr mühsam erreichen zu können; dagegen scheint nach den vorhergegangenen Erkenntnissen durch Hintereinanderschaltung einer scharfkantigen und einer abgerundeten Scheibe ein leichter Weg gegeben, die Gültigkeit der Wasserbeiwerte für Luft nachzuprüfen. Denn da bei beiden Scheibenformen die Reibung einen entgegengesetzten Einfluß hat, wird die Gültigkeit der Wasserbeiwerte für Luft sofort erkenntlich, wenn die an beiden Drosselscheiben mit den Wasserbeiwerten berechneten Luftmengen übereinstimmen. Abb. 38 und 39 zeigen eine Anzahl solcher Messungen in Rohren von 50 und 100 mm Dmr. Die Eichungen wurden so ausgeführt, daß man je eine scharfkantige und abgerundete Scheibe zunächst mit Wasser eichte und dann dieselbe Luft- oder Stickstoffmenge durch beide Scheiben zugleich leitete. Die Luftmenge wurde aus der scharfkantigen Scheibe, in einem Fall aus der abgerundeten Scheibe, unter Benutzung des bei der betreffenden Reynoldsschen Zahl gefundenen Wasserbeiwertes nach einer Formel — entsprechend der für Dampf angegebenen — berechnet und aus dieser Luftmenge für die abgerundete Scheibe der Beiwert bestimmt. Letztere sind über den Wassereichkurven eingetragen als × und O. Sämtliche Messungen beweisen die Gültigkeit der Wasserbeiwerte auch für Luft innerhalb ± 1 vH, wenn sie auf die gleiche Reynoldssche Zahl bezogen werden.

Abb. 40 gibt den Vergleich der IG-Beiwerte mit den von Spitzglaß für Luft in Rohren von 75 bis 300 mm Dmr. gemessenen Werten, umgerechnet auf die Druckentnahme an der Scheibe, ferner mit den von Jakob und Kretzschmer angegebenen, die diese noch für ± 2 bis 3 vH ungenau halten und mit den von Wenzl und Schwarz für Luft in Rohren von 600 bis 1500 mm Dmr. ermittelten. Nach dieser letzten Eichung mittels Gasbehälters, ferner nach einer ebenfalls eingetragenen Eichung mittels Gasbehälters für Rohre von 800 und 1100 mm Dmr. durch Dr. Seiferheld im Leuna-Werk, wobei dieser allerdings trotz sorgfältiger und zahlreicher Einzeleichungen die Absolutwerte noch nicht genügend gesichert ansieht, und schließlich nach den Betriebserfahrungen der I.-G. Farbenindustrie scheint es mir unwahrscheinlich, daß das Absinken der Beiwerte mit dem Rohrdurchmesser noch wesentlich über 500 mm Rohrdurchmesser hinausgeht. Doch gehen die hier mitgeteilten Wassereichungen vorläufig nicht über 500 mm Rohrdurchmesser hinaus.

Abb. 35
Eichergebnisse für Öle verschiedener Zähigkeit und abgerundete und scharfkantige Scheiben in einem Rohr von 50 mm Dmr.

Für die praktische Anwendung der mitgeteilten Beiwerte fasse ich zusammen: Aus Abb. 20 und 21 sind für die Rohrdurchmesser zwischen 50 und 500 mm die Beiwerte der beiden Mündungsformen mit ± 0,5 vH Genauigkeit zu entnehmen. Die Beiwerte gelten für alle Medien, ob Flüssigkeiten oder Gase oder Dämpfe. Nur ist dabei zu beachten, daß sie nur bis zu einem bestimmten unteren Wert der Reynoldsschen Zahl gelten. Diese Grenze erkennt man für alle Werte m der genannten Rohrdurchmesser aus Abb. 5 bis 12, wenn man die Abszissen in Reynoldssche Zahlen umrechnet, was teilweise für die 50- und 100 mm Rohre in Abb. 36 und 37 geschehen ist. Zum Beispiel gelten die Kurven von Abb. 5 bis 12 unmittelbar, wenn man für Dampf von 4 at die Unterschiede in mm Q.-S. gegen W.-S etwa durch sechs

RZ 1935 Z 36 u. 37

teilt, für Dampf von 10 at durch 14; für Luft von 2,6 at gelten die Kurven, wenn man mm W.-S. statt mm Q.-S. gegen mm W.-S. setzt; für Luft von 1 at gelten die Kurven, wenn man die Druckunterschiede etwa mit 2,6 vervielfacht und ebenfalls mm W.-S. statt mm Q.-S. gegen W.-S. setzt. In Meßbereichen unterhalb dieser Reynoldsschen Zahlen empfiehlt es sich vorläufig, die betreffende Scheibe jeweils zu eichen.

Ich glaube gezeigt zu haben, daß die Ähnlichkeitsmechanik für ein und dieselbe Drosselscheibe und verschiedene Medien tatsächlich anwendbar ist; für den Übergang von einem Rohrdurchmesser zu einem andern ist sie es vorläufig nicht, wie am deutlichsten die Durchmesserabhängigkeit der Beiwerte der scharfkantigen Scheiben zeigt, vielleicht wegen der bisher nicht genau erfüllten geometrischen Ähnlichkeit der Scheiben. Die von Hodgson gefundene Kurve, die nach ihm für alle Rohrdurchmesser gültig sein soll, ist in Abb. 40 ebenfalls eingetragen, sie entspricht bei uns etwa 250 mm Rohrdurchmesser. Aus den mir zugänglichen Schriften ist nicht zu entnehmen, mit welchen Rohrdurchmessern Hodgson gearbeitet hat.

Vergleich der VDI-Düse mit der IG-Düse

Abb. 41 bis 44 zeigen die VDI-Düse mit ihrer besonders sorgfältigen Stromlinienführung und zugleich den Unterschied der IG-Düse mit ihrem zylindrischen Auslaufteil. Abb. 45 bis 51 zeigen die Eichergebnisse mit Wasser und Dampf an einer VDI-Düse für ein Rohr von 300 mm Dmr. und die Eichergebnisse mit Wasser, Dampf, Luft und Öl an einer VDI-Düse für ein Rohr von 100 mm Dmr., verglichen mit denselben Eichungen an den entsprechenden IG-Düsen. Man sieht, daß die VDI-Düse einen unveränderlichen Beiwert überhaupt nicht erreicht, daß dieser von 0,99 auf 0,97 abfällt in einem Bereich der Reynoldsschen Zahlen, in dem der Beiwert der IG-Düse unverändert auf 0,993 bleibt.

RZ 1935 Z 38 u. 39

Abb. 38 und 39. Lufteichung.

Die ausgezogenen Kurven sind die Wassereichkurven, aufgetragen über der auf den Drosselscheibendurchmesser bezogenen Reynoldsschen Zahl. Die gemeinsam geeichten scharfkantigen und abgerundeten Scheiben sind mit denselben Buchstaben bezeichnet.

RZ 1935 Z 40

Abb. 40

Vergleich der Ergebnisse im Schrifttum über Lufteichung von scharfkantigen Scheiben mit den IG-Beiwerten.

Δ Wassereichung nach Abb. 20
a Jakob u. Kretzschmer, Mitt. Wärmest. Düsseld. 76 (1928)
b Spitzglaß, Mech. Engg. Bd. 45 (1923) S. 342
c Wenzl und Schwarz, Z. Bd. 66 (1922) S. 1130
d Seiferheld, unveröffentl. Arbeit des Ammoniakwerkes Merseburg
e Hodgson, Mech. Engg. Bd. 46 (1924) S. 314, gilt für alle Rohrdurchmesser.

sche Zahlen sind die Beiwerte nach noch nicht endgültig festgestellten Kurven mit der Reynoldsschen Zahl veränderlich; die Übertragung eines Beiwertes auf einen anderen Rohrdurchmesser bei gleicher Reynoldsscher Zahl ist nicht zulässig. Auf Grund vorliegender Eichungen können jedoch die Durchflußbeiwerte für alle Rohre von 50 bis 500 mm Dmr. und beliebige Medien ohne neue Eichungen aus den gewonnenen Kurven entnommen bezw. interpoliert werden, sofern nur ihre Reynoldsschen Zahlen bekannt sind. [B 1935]

Abb. 45 bis 48 (oben) Vergleich von VDI-Düsen für 100 und 300 mm Rohrdurchmesser mit IG-Düsen.

Abb. 41 bis 44 (links) Vergleich der IG-Düse mit der VDI-Düse und der Hinz-Düse.

Abb. 49 Lufteichungen der VDI- und IG-Düsen bei 100 mm Rohr-Dmr. und $m = 0{,}4$, verglichen mit den Werten von Jakob und Erk.

Abb. 50 Eichkurve der scharfkantigen IG-Meßscheibe für 100 mm Rohr-Dmr. und $m = 0{,}45$.

Zusammenfassung

Es ist eine Genauigkeit von ± 0,5 vH erreicht und die Gültigkeit der gefundenen Beiwerte für alle strömenden Medien innerhalb ± 1 vH nachgewiesen worden, mit einer Beschränkung auf Reynoldssche Zahlen über einer bestimmten und ermittelten Grenze. Für niedrige Reynolds-

Abb. 51. Vergleich von VDI-Normaldüsen mit IG-Düsen für 100 und 300 mm Rohrdurchmesser, geeicht mit Wasser, Dampf, Luft, Öl.

Das Zeitalter des Hochdruckdampfes

Von Prof. Dr. St. Löffler, Charlottenburg.

(Fortsetzung von S. 1360)

Sicherheit des Dampfumwälzverfahrens

Das Dampfumwälzverfahren setzt im normalen Betrieb Umpumpen von Hochdruckdampf voraus, der, ähnlich wie Wasser, schon bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten für Wärmeaufnahme vorzüglich geeignet ist und infolge seines kleinen spezifischen Volumens nur geringe Umpumpleistung erfordert.

Schon bei meinem ersten Versuchskessel[5]) betrug der Betriebsdruck 100 bis 120 at. Er erbrachte den Beweis, daß man durch Dampfumwälzung Hochdruckdampf einfach und betriebsicher erzeugen und Dampftemperaturen von mehr als 500° sicher beherrschen kann, ohne hochwertige Stähle für die Überhitzer verwenden zu müssen. Überhitzter Dampf von hohem Druck (100 bis 150 at) ergibt schon bei Strömgeschwindigkeiten von wenigen Metern in der Sekunde ähnlich günstigen Wärmeübergang von der Eisenwand zum Heizdampf wie Wasser. Selbst in den Überhitzerrohren, die unmittelbar der strahlenden Wärme bei hoher Flammentemperatur ausgesetzt werden (Strahlungsüberhitzer), entsteht kein erheblicher Wärmestau.

Der Dampf läßt sich in parallelgeschalteten beheizten Rohrschlangen viel leichter gleichmäßig verteilen als Wasser, namentlich wenn ungleichmäßige Dampfbildung im Wasser nicht verhütet werden kann und wenn es nicht ganz rein ist. Die Übertragung der Brennstoffwärme auf Hochdruckdampf in Überhitzerrohren gewährleistet dauernd gleichmäßige Heizwirkung und Dampferzeugung, weil die Heizflächen zuverlässig rein bleiben und jede Veränderung der Belastung und Heizwirkung durch Regeln der Umwälzmenge beherrscht werden kann.

Abscheidung von Kesselstein aus dem Speisewasser im Verdampfer hat keinen schädlichen Einfluß, kann sogar bei fester Auflage an den Wandungen die Abstrahlverluste vermindern. In den Vorwärmschlangen verhindert man das Abscheiden von Wasserstein durch chemische Reinigung des Wassers und hohe Strömgeschwindigkeit (meistens über 0,5 m/s).

Destillieranlagen sind beim Dampfumwälzverfahren nicht erforderlich. Solche Anlagen sind kostspielig, weil sie reichlich bemessen werden müssen, insbesondre bei Gegendruckbetrieben, in denen das Kondensat des Heizdampfes nicht zur Speisung verwendbar ist. Die Wirksamkeit der Destilliereinrichtungen sinkt ferner schon bei geringer Verschmutzung oder Abscheidung von Wasserstein oder Dampfblasen an den Wärmeaustauschwänden, so daß man meistens außerdem eine chemische Vorreinigung vorschalten muß.

Solange Dampf zwangläufig umgewälzt wird, können die Überhitzerrohre auch bei plötzlichem Ausfall der ganzen Belastung nicht unmittelbar gefährdet werden, wie bei gewöhnlichen Kesseln. Erst wenn die Umwälzpumpe plötzlich stehen bliebe, könnten die Überhitzerrohre Schaden leiden. Durch eine einfache Sicherheitsvorrichtung lassen sich aber übermäßige Beanspruchungen der Rohre leicht verhüten.

Abb. 15 und 16 zeigen schematisch eine Vorrichtung dieser Art, bei der die Wärmedehnung eines geraden Überhitzerrohrstückes, das der stärksten Feuerwirkung ausgesetzt ist, dazu benutzt wird, beim Überschreiten einer bestimmten Rohrwandtemperatur ein Abblaseventil zu öffnen, das den Dampf aus den Verdampfertrommeln durch die Überhitzerrohrschlangen ins Freie oder in einen Raum von niedrigerer Spannung abströmen läßt. Gleichzeitig wird die Feuerung stark gedrosselt oder abgestellt.

Auch Materialfehler und sogar Reißen eines Rohres können keine gefährlichen Explosionen bewirken, wie z. B. bei Steilrohr- oder Wasserkammerkesseln, weil nur Dampf ausströmen kann, der in die Feuerzüge tritt und schließlich das Feuer verlöscht. Ein einfaches Rückschlagventil hinter dem Überhitzer verhütet, daß Wasser durch ein gerissenes Überhitzerrohr ausströmt.

Abb. 15 und 16
Wärmestau-Sicherungsvorrichtung eines Dampfumwälzkessels.

An den Anlagen in Wien und Witkowitz wurden nach mehr als 3000 Betriebstunden aus den höchstbeanspruchten Teilen des Überhitzers Rohrstücke herausgeschnitten und genau untersucht. Dabei wurde keine schädliche Veränderung des Werkstoffes festgestellt. Die Überhitzerrohre waren innen ganz rein geblieben, was beweist, daß wirklich nur trockener reiner Dampf überhitzt wurde und der Wärmeübergang gut geblieben war.

Das Dampfumwälzverfahren kann daher als ein Sicherheitsverfahren bezeichnet werden, auf das die behördlichen Vorschriften über Bau und Betrieb von Dampfkesseln nicht anzuwenden sind. Die geltenden Werkstoffvorschriften einzuhalten, wäre bei Umwälzkesseln sogar unzweckmäßig; denn Hochdruckkessel fordern die Verwendung harter Stähle, während heute allgemein noch weiche Stahlsorten für Bleche, Rohre und andre Kesselteile vorgeschrieben werden. Allerdings ist man mit der oberen Grenze der Festigkeit neuerdings auf etwa 50 kg/mm² gegangen, weil viele Fachleute selbst für gewöhnliche Kessel härtere Stähle empfehlen.

[5]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1149.

Abb. 17. Hochdruck-Flanschverbindung.

Kommen auch genietete Kesselteile für höhere Drücke nicht mehr in Betracht, so bedingen doch bei den üblichen Rohrkesseln die Herstellung und das Einwalzen der Rohre die Verwendung weicher Stähle. Diese erfahren aber bekanntlich zum Teil schon während der Bearbeitung und mehr noch bei starken Temperaturschwankungen im Betriebe ungünstige Gefügeänderungen, infolge deren ihre Widerstandfähigkeit stark abnimmt und sogar Brüche und Risse entstehen können.

Harte Siemens-Martin-Stähle sind den geschilderten Gefügeveränderungen nicht unterworfen und zeigen unter Dauerbeanspruchung bei hohen Temperaturen keine so starke Abnahme der Festigkeit an der Grenze bleibender Dehnung wie weiche Stähle. Überhitzerrohre aus weichem Siemens-Martin-Stahl von 50 kg/mm² Festigkeit bei gewöhnlicher Temperatur, haben noch rd. 7 kg/mm² Streckgrenze bei 550 °C, bei länger andauernder Beanspruchung aber nur noch ungefähr die Hälfte. Dagegen haben Rohre aus Stahl mit mehr als 65 kg/mm² Bruchfestigkeit bei gewöhnlicher Temperatur, noch rd. 11 kg/mm² Streckgrenze bei 550 °C, die bei längerer Beanspruchung nur wenig abnimmt.

Bei Dampfumwälzkesseln werden daher für alle Teile nur harte Stähle verwendet, für die Rohre neuerer Kessel möglichst Stähle von 70 kg/mm² Festigkeit und mehr, die sich noch gut autogen schweißen lassen. Die Rohre werden durch Verschraubungen, möglichst aber durch Schweißen verbunden. Die Schweißstellen müssen aber nachträglich ausgeglüht werden, und zwar die Rohrschlangen im ganzen im Glühofen, die Fertigschweiße an Ort und Stelle mit dem Schweißbrenner oder einer besondern Vorrichtung auf längere Strecken zu beiden Seiten der Schweißstelle.

Eine Flanschverbindung zeigt Abb. 17. Es wird unmittelbar Stahl auf Stahl an einer Kegel- oder Kantenstelle ohne Dichtungsring zusammengedrückt. Die Schrauben aus hochwertigem Stahl sind sehr kräftig ausgebildet, damit starkes Anpressen der Dichtungsstellen möglich ist. Die Flanschen sind an die Rohre angeschweißt.

Abb. 19 Hochdruckventil.

Abb. 18 Verdampfer für Dampfumwälzkessel.

Die Behälter werden ebenfalls aus hartem Stahl von 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit hergestellt. Abb. 18 zeigt einen Behälter, der aus einem zylindrischen Rohrteil und eingesetzten Deckeln besteht. Der Mantel wird gezogen oder zumeist aus einem vollen Stahlblock herausgeschmiedet und vor Befestigung der Deckel innen und außen roh abgedreht, damit Mängel des Materials sicher festgestellt werden können. Er könnte aber auch aus dickem Blech geschweißt werden, weil im Betriebe nur Spannungen entstehen, die durch Druck und Temperatur des Sattdampfes gegeben sind. Da er auch keine Bohrungen für Rohre enthält, so werden die Wanddicken verhältnismäßig klein. Bei 1100 mm l. W. genügt für 140 at und 340 ° eine Wanddicke von 65 mm. Kommt es auf geringes Gewicht der Behälter an, wie bei Lokomotiven, dann kann man legierten Stahl bei wesentlich geringerer Wanddicke verwenden, ohne daß die Kosten, auf die Raumeinheit berechnet, nennenswert höher sind.

Die Deckel werden in die erwärmten Trommelenden eingeschraubt und eingeschrumpft, und zur Entlastung der Spannungen wird an der Verbindungsstelle ein Schrumpfring aufgezogen. Die Rohre für die Zu- und Abführung des Dampfes, für die Zuführung des Speisewassers, für die Wasserstände usw. werden an die Deckel angeflanscht. Ein Mannlochverschluß an einem der Deckel gestattet bequemen Einbau der gelochten Rohre und gelegentliche Reinigung. Derart hergestellte Trommeln sind sicherer und billiger als die gekümpelten Stahltrommeln gewöhnlicher Hochdruckkessel mit ihren zahlreichen Lochungen an der Mantelfläche.

Die Armaturen werden möglichst aus dem Vollen gearbeitet, weil Stahlguß den hohen Drücken nur bei bester porenfreier Ausführung widersteht und wegen der unvermeidlichen Fehlgüsse auch nicht billiger wird als geschmiedeter Stahl. Abb. 19 zeigt die Bauart eines Ab-

Abb. 20 Hochdruck-Durchgangschieber.

sperrventils mit eingesetzten Sitzen aus besonders geeignetem, z. B. rostfreiem Stahl, Abb. 20 einen Durchgangschieber, der sich auch gegen Hochdruckdampf von mehr als 500 ° vollkommen dicht erwiesen hat. Der Schließdruck durch die Kniehebel wird mittels eines zentralen, allseitig nachgiebigen Zwischenstücks auf die gegen den Druck abdichtende Ventilplatte übertragen. Für das Öffnen sind daher keine Entlastungsvorrichtungen erforderlich. Im ganz geöffneten Zustande wird ein Rohrdurchgang geschaffen, und bei düsenartigen Rohranschlüssen kann deshalb der Schieber engeren Durchgang erhalten, ohne daß große zusätzliche Widerstände entstehen.

Abb. 21 und 22 zeigen den

Hochdruck-Betriebskessel der Wiener Lokomotivfabrik

für 8 t/h höchste Dampferzeugung bei 110 at und 480 °.

Der Kessel wird mit Steinkohle auf Wanderrost befeuert. Der Kreislauf des Dampfes ist durch Pfeile bezeichnet. Im ersten Feuerzug ist der Überhitzer, im zweiten der Wasservorwärmer und daran anschließend unten ein Luftvorwärmer angeordnet. Die Verdampfung erfolgt in zwei parallel geschalteten Verdampfertrommeln von je 800 mm l. W. und 7 m Länge. Eine Trommel würde genügen, man hat aber zwei verwendet, um Versuche über Lastschwankungen durchführen zu können.

Abb. 21 und 22. Betriebskessel der Wiener Lokomotiv-Fabriks-A.-G., Floridsdorf, für 8 t/h, 110 at und 480 °.

Die Speisewasservorwärmung ist zur Durchführung von Vorversuchen für eine Hochdruck-Lokomotive in zwei Stufen geteilt. Zunächst wird das Speisewasser in einem Wärmeaustauscher mittelbar durch kondensierenden Niederdruckdampf vorgewärmt, der aus selbsttätig umlaufendem destilliertem Wasser durch Beheizung in zylindrischen Rohrkesseln erzeugt wird. In einem Rohrschlangen-Vorwärmer wird dann das Wasser unmittelbar durch die Feuergase weiter auf etwa 280° erwärmt. Diese Teilung der Vorwärmung kann ohne weiteres vermieden werden, denn es bereitet keine Schwierigkeit, das Wasser — abgesehen von vorgeschalteten Abzapfvorwärmstellen — vollständig in befeuerten Rohrschlangen vorzuwärmen.

Die Umwälzpumpe für den Dampf und die Kesselspeisepumpe sind als stehende Kolbenpumpen zweikurbelig zusammengebaut, Abb. 23 und 24, und werden elektrisch angetrieben, damit man bei diesem Kessel die Leistung einfach messen kann. Die Pumpe kann durch Schieber abgeschaltet werden. Die Leistung wird durch Drehzahländerung geregelt; außerdem kann der Kolbenhub der Kesselspeisepumpe verändert werden, um Schwankungen des Flüssigkeitsstandes in den Behältern unabhängig von der Leistungsregelung ausgleichen zu können. Es sind aber große Änderungen des Flüssigkeitsstandes zulässig, im Gegensatz zu gewöhnlichen Kesseln; denn zur Abgabe der Überhitzungswärme an das Wasser des Verdampfers genügt, wie Versuche gezeigt haben, eine ganz geringe Wasserschicht über den Dampfaustrittlöchern des Zuführrohres.

Wichtig ist, daß beim Dampfumwälzverfahren die aus überhitztem Dampf bestehenden Dampfblasen im Verdampfer nur wenige Dezimeter Wasserschicht durchlaufen, gegenüber dem viele Meter betragenden Wasserweg bei gewöhnlichen Kesseln, und daß die Dampfblasen nur ihre Überhitzungswärme an das Wasser abgeben. Der Dampf kann sich daher wesentlich weniger mit Nässe und Verunreinigungen sättigen. Er gelangt zunächst in die Umwälzpumpe, wo die Verdichtungswärme auf ihn übertragen wird, so daß er trocken in den Überhitzer strömt. Es ist ferner beim Umwälzverfahren möglich, überhitzten Dampf in einen vor der Pumpe angeordneten Trockner zu leiten und mit dem Sattdampf aus dem Verdampfer zu mischen; nach Versuchen ist dies aber unnötig.

Dampfumwälzkessel für Witkowitz

In Abb. 25 ist ein senkrechter Schnitt durch den ersten Witkowitzer Kessel von 15 t/h Dampferzeugung bei 120 at größtem Druck und 500° höchster Betriebstemperatur dargestellt. Dieser Kessel wird mit Steinkohlenstaub befeuert, wobei fast die ganze auf etwa 300° vorgewärmte Verbrennungsluft im Brenner der Kohle beigemischt und nur ein kleiner Teil vorher kalt abgezweigt wird, um den Staub aus dem Vorratbunker in den Brenner zu fördern.

2900

1300

990

Abb. 23 und 24
Umwälz- und Speisepumpe des Wiener Kessels für 120 at größten Druck und 500 °C größte Überhitzung.

Bei diesem Kessel war ursprünglich nur eine vollständig mit Schamott ausgekleidete Feuerkammer vorgesehen, und erst kurz vor seinem Zusammenbau wurde ein Teil des Überhitzers als Strahlungsüberhitzer in Form von U-Rohren, die von unten angeordneten Sammelrohren ausgehen, längs der hinteren Wand eingebaut, um die Haltbarkeit der Rohre eines solchen Überhitzers zu prüfen. In Hohlräume des Schamottmauerwerks werden Abgase der Feuerung geführt und durch kleine Öffnungen schließlich in den Feuerraum geleitet, wodurch eine sehr wirksame Kühlung der Wände erzielt wird. Diese Kühlung in Verbindung mit der Wärmeaufnahme des Strahlungsüberhitzers genügt ohne Kühlrost zum vollständigen Körnen der Asche.

Aus Abb. 26 ist deutlich zu ersehen, daß sich die Asche nach längerer Betriebszeit fein gekörnt, ohne Klumpen am unteren Ende des Überhitzers absetzt, und Abb. 27

Abb. 26. Brennkammerboden mit Strahlungsüberhitzer.

Abb. 25
ufbau des ersten Witkowitzer Kessels für 120 at größten Druck und 500 °C größte Überhitzung.

zeigt den oberen Teil des Strahlungsüberhitzers, die Mündungen der Kohlenstaubbrenner und die im ersten Zug angeordneten Nachüberhitzerschlangen. Es sind neun Schlangen parallel geschaltet, s. a. Abb. 15.

Beim Witkowitzer Kessel wurden fünf Verdampfergefäße von 800 mm l. W. und 7 m Länge parallel geschaltet, um ihr Verhalten bei Lastschwankungen und verschiedener Strömung beobachten zu können, da man bei größeren Kesseln zur Anordnung mehrerer Verdampfer gezwungen sein wird. Bei dem kleinen Kessel würde ein solcher Behälter zur Dampferzeugung ausreichen.

Die Umlaufpumpe ist, wie beim Wiener Kessel, als Zweikolbenpumpe mit der Kesselspeisepumpe vereinigt, Abb. 28 und 29, und wird durch einen in der Drehzahl regelbaren Drehstrom-Kollektormotor angetrieben. Als Steuerorgane der Dampfpumpe dienen Kolbenschieber, die sich gut bewährt haben. Einige Schwierigkeiten ergaben sich bei höheren Drehzahlen durch Schwingungen in den Rohrleitungen durch den um 180° versetzten Kurbeltrieb. Sie wurden durch Befestigen der Rohrleitungen unschädlich gemacht.

Gegen die Umwälzpumpen für den Dampf hat man oft schwere Bedenken geäußert und sie als unangenehme Beigabe des neuen Verfahrens empfunden, vor allem wohl wegen der Hochdruck-Stopfbüchsen. Zunächst übersieht man dabei, daß diese Pumpen ein sehr harmloses, ja geradezu angenehmes Mittel, nämlich Sattdampf, um wenige Atmosphären im Druck zu erhöhen haben, also wesentlich betriebsicherer ausgebildet werden können als etwa Hochdruck-Kesselspeisepumpen, die heißes Wasser zu fördern haben, oder gar Hochdruck-Kompressoren, die heute in der chemischen Industrie mit Drücken bis 1000 at betrieben werden.

Die Stopfbüchsen können entweder mit gekühlter Weichpackung oder besser mit Federring-Metallpackung vollständig dicht und betriebsicher ausgebildet werden. Bei Weichpackung ist naturgemäß die Güte des Packungsmaterials von großem Einfluß, so daß in Zukunft hauptsächlich Metallpackung angewendet werden wird, die dauernd ohne Wartung dicht hält.

Bei Antrieb der Pumpen durch eine Niederdruck-Dampfmaschine kann man den Pumpendampf, ähnlich wie bei Anzapf-Speisewasservorwärmung, von der Hauptmaschine abzapfen. Der Abdampf der Pumpenmaschinen wird zum Vorwärmen des Speisewassers verwertet, so daß keine Wärmeverluste entstehen, da der Dampf auch die Reibungswärme des Dampfkreislaufes aufnimmt.

Die aufzuwendende Leistung der Umwälzpumpe könnte man um etwa 30 vH dadurch verkleinern, daß man den Verbrauchsdampf für die Hauptmaschine unmittelbar dem Verdampfer entnimmt und getrennt überhitzt. Dann würde aber die Regelung des Betriebes wesentlich umständlicher werden. Durch Mitumpumpen der Verbrauchs-

Abb. 27
Brennkammerdecke mit Strahlungsüberhitzer.

dampfmenge wird außerdem nahezu gleichbleibende Überhitzungstemperatur selbst bei sehr starken Lastschwankungen erreicht, was für die Sicherung und Regelung des Maschinenbetriebes sehr wertvoll ist. Die Umlaufpumpe ist daher kein notwendiges Übel des Dampfumwälzverfahrens, sondern ein durchaus einfacher und betriebsicherer Teil der Anlage, der die zwangläufige Beherrschung und sichere Regelung der Dampferzeugung erst ermöglicht.

Aus dem Gesagten und dem Gesamtaufbau der Dampfumwälzeinrichtung geht auch hervor, daß die Wärme der Kohle mit mindestens gleich gutem Wirkungsgrad in Dampfwärme umgewandelt wird wie bei andern Kesseln, da sie nahezu restlos zur Dampferzeugung herangezogen werden kann. Schon der kleine Wiener Kessel ergab Wirkungsgrade von mehr als 80 vH, wenn mit ausreichend hoher Luftvorwärmung, auf 130 bis 150 °, gefahren wurde. Die abstrahlende Oberfläche des Kessels kann eher kleiner als bei Kesseln gewöhnlicher Bauart ausgeführt werden. Außerdem kann man große Dampfleistungen mit einem Kesselaufbau bewältigen, so daß auch billige Kessel von geringer Raumbeanspruchung und hoher Wirtschaftlichkeit geschaffen werden können.

Abb. 28 und 29
Umwälz- und Speisepumpe des Witkowitzer Kessels.

Bei neuen Kesseln für kleinere Leistung sollen Kolbenpumpen mit möglichst drei unter 120 ° versetzten Kurbeln, angetrieben durch eine mit den Pumpenzylindern unmittelbar gekuppelte Niederdruck-Dampfmaschine, benutzt werden. Die Pumpen erhalten selbsttätige Plattenventile, um einfachen und gedrängten Aufbau zu ergeben. Für größere Leistung können mit ausreichend gutem Wirkungsgrad auch Kreiselpumpen verwendet werden. Daher sind bei den neuen Hochdruckkesseln von 40 t/h Normal- und 50 t/h Höchstleistung für das Kraftwerk der Witkowitzer Steinkohlengruben erstmalig umlaufende Pumpen in Aussicht genommen.

Der allgemeine Aufbau eines solchen Kessels ist aus Abb. 30 und 31 zu ersehen. Der Feuerraum ist mit U-förmigen Überhitzerrohren ausgekleidet. Sie lassen am untern Teil große Durchgangöffnungen für die Feuergase frei, die im ersten Zug einen Nachüberhitzer und Wasservorwärmer aus parallelgeschalteten Rohrschlangen und im letzten Zug einen Luftvorwärmer bestreichen. Schamottmauerwerk soll möglichst sparsam verwendet werden, damit sich die Änderung der Feuerstärke möglichst rasch in Änderung der Dampferzeugung auswirkt.

Die zwei Verdampfertrommeln von 1100 mm l. W. und 8 m Länge sind unten im Fundament angeordnet, erfordern also keine schweren Traggerüste. Darüber steht die noch als Kolbenmaschine dargestellte Pumpengruppe. Man erkennt, daß sich ein solcher Kessel von 50 t/h größter Dampfleistung mit allen Hilfseinrichtungen in einem Raum von rd. 18 m Breite, 15 m Länge und 16 m Höhe gut unterbringen läßt, was gegenüber dem Raumbedarf gewöhnlicher Kessel eine große Ersparnis bedeutet.

Sehr wesentlich ist beim Dampfumwälzverfahren die einfache Beherrschung und Regelung der Überhitzungstemperatur, die selbst bei starker Laständerung ohne besondere Überhitzerregler nur durch Änderung der Umwälzdampfmenge konstant erhalten wird. Die Überhitzung ändert sich selbst dann nicht nennenswert, wenn die Pumpwirkung unverändert bleibt, weil der Verbrauchsdampf der um ein Vielfaches größeren Umpumpmenge entnommen wird. Das ist für alle Dampfkraftmaschinen bedeutungsvoll, die bei gewöhnlichen Kesseln leicht nassen und unreinen Dampf erhalten, da zur Regelung der Überhitzungstemperatur vielfach Wasser in den überhitzten Dampf eingespritzt oder nasser Sattdampf beigemischt wird. Das ist mit ein Grund, warum man bei gewöhnlichen Kesseln mit der Überhitzungstemperatur auf mäßiger Höhe (bei den neuen amerikanischen Hochdruckkesseln noch nicht 400 °) bleibt.

Die Hauptvorteile des Hochdruck-Dampfbetriebs kommen aber erst bei hoher Überhitzung zur Geltung: sie wurde daher schon bei der ersten Dampfumwälzanlage auf 500 ° am Kessel erhöht, ohne daß hochwertige Stähle für die Überhitzerrohre verwendet zu werden brauchten, weil sich die Überhitzung bei diesem Verfahren sicher beherrschen läßt. Es liegt daher durchaus im Bereiche der Möglichkeit, beim Umwälzverfahren mit besserem Rohrmaterial noch höhere Betriebstemperaturen zu erreichen.

Bei gewöhnlichen Kesseln muß man mit der Steigerung der Temperatur vorsichtig sein, da gelegentliche Überhöhungen um mehr als 50 ° nicht sicher verhütet werden können. Soll daher mit normal 500 ° Überhitzung am Kessel gearbeitet werden, dann wird man mit unvorhersehbaren, unter Umständen plötzlichen Steigerungen auch auf 600 ° gefaßt sein müssen, die schwere Schädigungen an Überhitzern und Maschinen verursachen können. Auch aus diesem Grunde ist man bei den bisherigen amerikanischen Höchstdruckanlagen mit der Überhitzung nicht über 400 ° hinausgegangen.

Der größte bauliche Vorteil, den der neue Dampferzeuger bringt, besteht darin, daß er sich gegebenen Raumverhältnissen in Höhe, Tiefe und Breite leicht anpassen läßt, weil er nur aus Rohrschlangen besteht und die Verdampfbehälter beliebig untergebracht werden können. Er kann auch in Reihenfertigung aus genormten Rohrschlangen, Behältern, Armaturen usw. für verschiedene Leistungen zusammengesetzt werden.

Vor der ersten Inbetriebsetzung kann ein solcher Dampferzeuger sogar mit einem Vielfachen des Betriebsdruckes kalt abgepreßt werden, so daß Werkstoffehler rechtzeitig festgestellt werden können. Bei Kesseln gewöhnlicher Bauart darf dagegen der Probedruck nicht wesentlich über den Betriebsdruck gesteigert werden, weil sonst das Gefüge des Kessels Schaden leidet und unzulässig hohe Reckbeanspruchungen entstehen können, deren ungünstige Folgen und Wirkungen sich vielfach erst im Betriebe zeigen.

Lokomotiv- und Schiffsbetrieb

Besonders günstig erscheint die Verwendung von Dampfumwälzkesseln im Schiffs- und Lokomotivbetriebe. Bei der Berliner Maschinenbau-A.-G. vorm. L. Schwartzkopff, Berlin-Wildau, ist eine Schnellzuglokomotive von 2500 PS_i Leistung für 120 at und 500° im Bau. Abb. 32 zeigt ein Schema des Zusammenhangs der Hauptteile der Lokomotive mit den wichtigsten Strömungsvorgängen. Die Feuergase der Rostfeuerung durchstreichen hintereinander die aus Überhitzerrohren gebildete Feuerbüchse, den Hochdruck-Nachüberhitzer, den Zwischenüberhitzer für Niederdruckdampf von rd. 15 at, den Hochdruck-Wasservorwärmer und den Lufterhitzer, um dann durch den Schornstein abzuströmen. Es ist nur eine tiefliegende Verdampfertrommel in der Mitte der Lokomotive vorhanden. Dagegen werden zwei stehende dreikurbelige Pumpensätze verwendet, deren jeder aus drei übereinander angeordneten dreizylindrigen Kolbenmaschinen besteht: der Speisepumpe, der Niederdruck-Dampfmaschine und der Umwälzpumpe.

Der in zwei seitlichen Hochdruckzylindern entspannte Dampf wird in einem Oberflächen-Wärmeaustauscher kondensiert und erzeugt aus dem Speisewasser Niederdruckdampf von rd. 15 at abs, der nach Entspannung im mittleren Niederdruckzylinder durch das Blasrohr in den Schornstein entweicht und dabei den Zug für die Feuergase ergibt. Der kondensierte Dampf der Hochdruckseite des Wärmeaustauschers wird durch die Hochdruck-Kesselspeisepumpe in den Vorwärmer und schließlich in den Verdampfer gedrückt. Undichtheitverluste im Hochdruck-Reinwasserkreislauf werden aus dem Wasserinhalt der Niederdruckseite des Wärmeaustauschers durch eine einfache Zusatzpumpe ersetzt.

Abb. 30 und 31
Löffler-Kessel für 50 t, 130 at, 480 °C.

Abb. 32. Schema einer Hochdruck-Lokomotive.

HÜ Hochdruck-Überhitzer
NÜ Niederdruck-Überhitzer
Vw Hochdruck-Speisewasservorwärmer
L Lufterhitzer
W Wärmeaustauscher
HD Hochdruck-Zylinder
ND Niederdruck-Zylinder
V Verdampfer
P Umwälzpumpe
Sp Speisepumpe

Der Wärmeaustauscher ergibt zweifache Wärmespeicherung in Wasservorräten auf beiden Seiten der Wärmeaustauschwände. Er ist als einfacher Rohrkessel ausgebildet, der sich leicht von Kesselstein reinigen läßt. Beim Dampfumwälzverfahren kann aber ohne Verschlechterung der Betriebverhältnisse auf den doppelten Kreislauf des Wassers verzichtet und nur ein einfacher Behälter mit Wasser- und Dampfinhalt im Niederdruckteil als zusätzlicher Wärmespeicher und als Vorabscheider für Kesselstein angeordnet werden. In den Wasserinhalt dieses Behälters wird der entspannte und entölte Hochdruckdampf der Hochdruckzylinder unmittelbar eingeblasen und der dadurch erzeugte Niederdruckdampf nach Zwischenüberhitzung im Niederdruckzylinder entspannt.

Die Dampfumwälzlokomotive soll in der Regel mit Niederdruckdampf in Betrieb gesetzt werden, der einer vorhandenen Lokomotive entnommen wird. Bei nicht zu langen Betriebspausen, etwa über Nacht, verbleibt im Verdampfer noch so hoher Druck, daß ohne Hilfsdampf angefahren werden kann. Man könnte aber zum ersten Inbetriebsetzen der Lokomotive auch den Wärmeaustauscher mittels einer Hilfsfeuerung beheizen und dadurch Niederdruckdampf erzeugen, der dann den Antriebdampfmaschinen der Pumpen und dem Dampfkreislauf zugeleitet wird.

Die Lokomotive wird voraussichtlich Anfang nächsten Jahres fertiggestellt sein. Alle wichtigen Teile sollen zunächst auf dem ruhenden Lokomotivrahmen erprobt werden. Daran werden sich die Fahrversuche anschließen. Nach rechnerischen Überlegungen, die auf Erfahrungen mit den bisherigen Hochdruckbetrieben beruhen, erwartet man gegenüber den besten bisherigen Niederdrucklokomotiven fast 50 vH Kohlen- und Wasserersparnis, also eine beträchtliche Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Lokomotivbetriebes ohne Erhöhung des Gewichtes und Raumbedarfes und ohne wesentliche Erhöhung der Herstellungskosten.

Im äußeren Gesamtaufbau wird sich die neue 2 C 1-Hochdruck-Schnellzuglokomotive nur wenig von den bisherigen Lokomotiven unterscheiden. Triebwerk und Rahmenaufbau entsprechen vollständig der neuen 2 C 1-Einheitslokomotive der Deutschen Reichsbahn.

Noch deutlicher als bei der Lokomotive würden die baulichen und betrieblichen Vorzüge des Dampfumwälzverfahrens im Schiffsbetriebe hervortreten, weil man sich mit dem Verfahren den Raumverhältnissen und der Form der Schiffe gut anpassen kann und infolge der großen Kohlen- und Wasserersparnis viel Platz für Fracht gewonnen wird. Damit wäre auch eine erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit und Schnelligkeit des Schiffsverkehrs möglich, die in der Zukunft um so mehr erstrebt werden muß, als durch den Luftverkehr das Bedürfnis nach beschleunigtem Personen- und Frachtverkehr zu Wasser, der immer betriebsicherer und vom Wetter unabhängiger sein wird als der Luftverkehr, gesteigert werden wird. [B 1782] (Schluß folgt.)

Organisation in Zwirnereien

Von Dipl.-Ing. Franz Schlesinger, Berlin-Heiligensee

Einfluß der Handzeiten auf die Maschinenausnutzung bei älteren und neuzeitlichen Maschinen. — Anforderungen neuzeitlicher Maschinen an die Verteilung des Bedienungspersonals.

Die Entwicklung der Zwirnmaschinen hat neben einer Steigerung der Spindeldrehzahlen zu einer weitgehenden Vergrößerung der Anzahl der Spindeln je Maschine geführt. Hatte man früher Maschinen von 2 mal 50 bis 100 Spindeln bei 4000 bis 5000 U/min, sind heute solche von 2 mal 300 bis 400 Spindeln bei 7000 bis 8000 U/min keine Seltenheit. Infolge der Drehzahlerhöhung wurde die Leistung der Maschinen, bezogen auf die Zeiteinheit, vergrößert und der Anschaffungspreis je Spindel verbilligte sich dadurch, daß heute für eine Maschine von bestimmter Spindelzahl nur eine Antriebanlage erforderlich ist, während man bei den Maschinen älterer Bauart 6 bis 8 brauchte. Die Wirtschaftlichkeit der Zwirnereien hat sich also infolge der Verbesserung der Maschinen erheblich erhöht. Jedoch kann man häufig bei der Arbeitsverteilung in den einzelnen Betrieben noch Fehler beobachten, die einen großen Teil der erhöhten Wirtschaftlichkeit wieder aufheben.

Dies ist darauf zurückzuführen, daß man die Arbeitsverteilung den durch die neuen Maschinen gebotenen Forderungen nicht oder nur ungenügend angepaßt hat. Allgemein war es früher üblich, einem Arbeiter eine bestimmte Anzahl Spindeln zur Bedienung zu übergeben, und zwar nicht nur zur Beobachtung während des Ganges der Maschine, sondern auch zum Anketten der neuen Partien. Diesen Brauch hält man in vielen Zwirnereien mit modernsten Maschinen auch heute noch aufrecht. Durch geeignete organisatorische Maßnahmen läßt sich auch das Stillsetzen der Maschinen während der Arbeitspausen vermeiden. Um die Verhältnisse deutlicher beleuchten zu können, sei an einem Beispiel gezeigt, wie die Betriebe bei den verschiedenen Möglichkeiten der Arbeitsverteilung arbeiten und wie die Zwirnereien bei einer bestmöglichen Ausnutzung der Maschinen zu organisieren sind.

Gewählt wird eine Zwirnerei mit insgesamt 4000 Spindeln, die sich das einemal auf 20 Maschinen älterer Bauart mit je 2 mal 100 Spindeln bei 5000 U/min, das andremal auf 5 Maschinen neuester Bauart mit je 2 mal 400 Spindeln bei 7000 U/min verteilen. Als herzustellende Ware wird 36/2 Baumwollzwirn angenommen. Die grundlegenden Zahlen sind durch Versuche gewonnen und die Versuchsergebnisse auf dies Beispiel umgerechnet worden, Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1

	Mittelwerte aus 6 bis 8 Versuchsergebnissen			Umrechnungswerte	
Spindeldrehzahl . U/min	5200	6400	7650	5000	7000
Laufzeit einschl. Störungen . . . . h	6,16	5,82	5,09	6,16	5,45
Ankettzeit einschl. Aufstecken neuer Fachspulen . . . . h	0.08	0,54	0,61	0,2	1,14
Spindelzahl	40	200	200	100	400
Zwirngewicht je Partie und 100 Spindeln . . . . kg	6,8	8,35	7,8	6,8	8,1

Nunmehr ist die beste Ausnutzung der Maschinen zu ermitteln.

1. Bei 20 Maschinen mit je 2 mal 100 Spindeln und 5000 U/min sind je 400 Spindeln mit einem Arbeiter besetzt, der die Maschine während des Ganges bedient und die neuen Partien allein ankettet. Die Maschinen arbeiten so, daß niemals mehr als 100 Spindeln einer Maschinenseite zum Anketten bereit stehen. Der Betrieb ist dreischichtig mit drei Pausen von je ½ h und einer Unterbrechung zum Reinigen der Maschinen von 1 h. Die reine Betriebzeit beträgt demnach 21½ h/Tag.

Unter Berücksichtigung einer Ankettzeit von 0,2 h je Partie und 100 Spindeln einschließlich unvermeidbarer Störungen bei 6,36 h Partiedauer gleich 3,37 Partien/Tag liefert die Maschine 22,5 kg/Tag und 100 Spindeln. Der Verlust durch die Pausen beträgt 6,2 vH, der durch das Reinigen der Maschine 4,2 vH und die Ankettzeit beträgt 2,8 vH, wobei sich die Hundertsätze auf 24 h = 1 Tag beziehen. Die Ausnutzung der Maschine ist demnach mit 86,8 vH in Rechnung zu setzen.

2. Durch organisatorische Maßnahmen kann erreicht werden, daß bei sonst unverändertem Betriebe die Maschinen während der Pausen durcharbeiten können, dann fällt der Pausenverlust von 6,2 vH fort, die Ausnutzung der Maschine erhöht sich auf 93 vH, die Liefermenge auf 24,1 kg/Tag und 100 Spindeln.

3. Bei sonst gleichen Bedingungen wie unter 1. werden die alten Maschinen durch neuzeitliche ersetzt. Beim Anketten sind jetzt nicht mehr 100 Spindeln, entsprechend einer Maschinenseite, zu bedienen, sondern 400. Die Ankettzeit selbst liegt infolge der engeren Bauart der neuen Maschinen etwa 42 vH höher, beträgt also bei 100 Spindeln 0,29 h, also bei 400 Spindeln 1,16 h. Demnach sind für das Anketten bei 6,59 h Partiedauer gleich 3,27 Partien pro Tag 15,5 vH in Rechnung zu setzen. Die Ausnutzung beträgt in diesem Falle 74,1 vH, die Liefermenge 27,2 kg/Tag und 100 Spindeln.

4. Bei pausenlosem Betrieb erhöht sich die Ausnutzung der Maschinen auf 78,8 vH und entsprechend die Lieferung auf 28,9 kg/Tag und 100 Spindeln, da sich infolge der Erhöhung der gezwirnten Partien auf 3,5 am Tage der Anteil der Ankettzeit auf 16,6 vH vergrößert.

5. Durch Umstellung des Betriebes auf Grund einer andern Arbeiterverteilung wird erreicht, daß das Anketten stets von vier Arbeitern ausgeführt wird. Die Ankettzeit vermindert sich auf 0,29 h je Partie von 400 Spindeln. Die Partiedauer beträgt dann nur noch 5,74 h, die Partiezahl bei pausenlosem Betrieb rd. 4 je Tag, der Anteil der Ankettzeit 4,75 vH, die Ausnutzung der Maschine 91,1 vH, die Liefermenge 33,4 kg/Tag und 100 Spindeln.

Abb. 1 bis 3. Arbeitsverteilungsplan.

Es ist nun noch zu zeigen, auf welche Weise man eine Maschinenausnutzung erreichen kann, die der älterer Maschinen nicht nachsteht. Zu diesem Zweck ist in Abb. 1 ein Arbeitsplan aufgestellt, der die Arbeitsweise der Maschinen und die geeignete Verteilung der Bedienung wiedergibt. Die Aufstellung dieses Planes ist wie folgt durchgeführt worden.

a. Die gesamte Belegschaft von 10 Arbeitnehmern je Schicht wird in 2 Gruppen geteilt, von denen man der einen aus 7 Arbeitern die Bedienung der Maschinen während des Ganges, der andern aus 3 Arbeitern die Arbeit des Ankettens überträgt.

b. Da das Stillsetzen der Maschinen außer während des Ankettens und in der kaum zu umgehenden Zeit für das Reinigen unbedingt vermieden werden soll, übernimmt die Ankettgruppe in den Pausen die Beaufsichtigung der Maschinen, und zwar derart, daß die Pausen getrennt abgehalten werden und die 3 Mann der Ankettgruppe einmal 3 Mann, das andremal 4 Mann der Bedienungsgruppe vertreten.

c. Für die Aufstellung des Maschinenarbeitsplanes, Abb. 1, wird angenommen, daß die linke Seite der Maschine Nr. 1 mit Beginn der ersten Schicht mit dem Zwirnen anfangen kann und daß die Pausen der ersten Schicht von 9 bis 10½ Uhr festgesetzt sind, d. h. in dieser Zeit Ankettarbeiten nicht geleistet werden können, da die Ankettgruppe durch die Vertretung der Maschinenbedienung oder durch eigene Pause belegt ist. Nach Abschnitt 5 beträgt die Partiedauer 5,74 h, die Ankettzeit 0,29 h und demnach die Laufzeit der Maschine 5,45 h. Hierdurch und durch die Annahmen unter a und b ist der Arbeitsplan der Maschinen festgelegt.

d. Diesem Arbeitsplan entsprechend ist der für die Ankettgruppe, Abb. 2, aufzustellen. Die Pausen für die zweite und dritte Schicht sind nach Maßgabe des Planes einzuordnen, wobei darauf zu achten ist, daß sie möglichst in der Mitte der Schicht liegen, wenn sich dies auch nicht genau erreichen läßt. Die mit Zwirnen bezeichneten Spalten geben die Vertretung der Bedienung der betreffenden Spindeln während der Pause der planmäßigen Bedienung an.

e. Da bei 4000 Spindeln und 7 Mann Maschinenbedienung jeder Arbeiter rd. 570 Spindeln bedienen muß, eine Maschinenseite aber nur 400 Spindeln aufweist, ist die Verteilung der Arbeiter nicht regelmäßig. Zur Vermeidung von Mißhelligkeiten wird man gut tun, den Arbeitsbereich der einzelnen Leute deutlich festzulegen. Ferner werden für das Anketten zum Erreichen der eingesetzten Zeit 4 Arbeiter gebraucht, es muß sich also der Mann, der die Spindeln, die angekettet werden sollen, bedient, bei der Ankettarbeit beteiligen. In dieser Zeit kann er die übrigen zu seinem Arbeitsbereich gehörigen Spindeln nicht beobachten. Demnach übernimmt der nächste Mann diese Spindeln mit, so daß sich der Verteilungsplan nach Abb. 3 ergibt. Dabei wurde angenommen, daß die Maschinen, parallel angetrieben, hintereinander stehen. Bei Längsaufstellung ist lediglich auf der Ordinate die Maschinennummer und -seite so abzuändern, daß die einzelnen Arbeiter stets einen gut übersichtlichen Bereich von Spindeln zu bedienen haben. Da die Ankettkolonnen nicht voll beschäftigt sind, kann man ihnen auch noch die Beförderung von Fachspulen und Fertigware übertragen, die sich dann auf die mit „Transport“, Abb. 2, bezeichneten Zeiten verteilt.

Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, daß man in der geschilderten Weise die Wirtschaftlichkeit eines Zwirnereibetriebes um rd. 25 vH erhöhen kann, ohne daß die Umstellung irgendwelche Kosten zu verursachen braucht. Da besonders bei modernen Maschinen mit selbsttätiger Fadenabstellung bei Riß die Bedienung der Maschinen verhältnismäßig einfach ist, kann man möglicherweise die Anzahl der jedem Arbeiter zuzuweisenden Spindeln noch erhöhen und die Ankettkolonne entsprechend vergrößern. Die günstigsten Arbeitsbedingungen stellt man am sichersten durch Zeitaufnahme fest.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß der Selbstspinner- und Ringspinnbetrieb die gleichen Verhältnisse aufweist, wie die Zwirnerei, so daß sich die gegebenen Anregungen auch auf diese Betriebe ohne große Schwierigkeiten übertragen lassen. [M 2002]

Ununterbrochen arbeitender Koksofen, Bauart Pieters

J. Pieters, Paris, hat einen stehenden Koksofen konstruiert, bei dem die Schwelgase sofort bei ihrer Entstehung durch seitliche Öffnungen in der Retorte abgezogen werden, wodurch ein Zerfall der Gase verhindert werden soll. In den Retorten erzeugt man einen Koks, der hart genug ist, um ihn für metallurgische Zwecke zu verwenden und fest genug für Lagerung und Beförderung. Die erste derartige Anlage kam im Jahre 1919 in Betrieb, so daß nunmehr ausreichende Erfahrungen und Betriebsergebnisse vorliegen.

Die Anlage, in der man täglich 60 t verkoken kann, besteht aus einem Ofen mit zwei senkrechten, je 10 m hohen Retorten mit einem Querschnitt von ungefähr je $0,3 \times 0,9\ m^2$. Der Verbrennungsraum befindet sich etwa 3 m von der Sohle der Retorte entfernt, so daß die Retorte in eine Entgasungs- und in eine Abkühlzone eingeteilt ist. Unterhalb des Verbrennungsraumes gibt der Koks seine Eigenwärme an die Ofenwände ab und wärmt die von der Kondensation zurückkommenden Gase, sofern man Koksofengas zur Beheizung verwendet, vor. Die Verbrennungsluft tritt oben an der Retorte in Rekuperatoren ein und fällt im Zickzack im Gegenstrom zu den aufsteigenden Abgasen zum Verbrennungsraum nieder. In den Retortenwänden befinden sich in verschiedenen Höhenabständen Öffnungen, durch die die Destillationsgase entweichen und abgesogen werden. Die Höchsttemperatur im Verbrennungsraum beträgt je nach Art der Kohle 800 bis 1000 °C; die Temperatur nimmt nach oben zu ab.

Die Kohle wird mittels Aufzuges in die Fülltrichter am oberen Ende der Retorte eingefüllt. Die Fülltrichter haben denselben Querschnitt wie die Retorte und können durch Schieber abgeschlossen werden. Die eingefüllte Kohle sinkt langsam nach der heißesten Zone zu. Die Retorte entleert man in bestimmten Zeitabständen durch flache Ausläufe mit Wasserverschluß oder durch gebogene Ansatzbehälter, die am Boden der Retorte angebracht sind. Öl und andre Nebenerzeugnisse scheiden sich noch in niedriger Temperatur ab und werden unmittelbar abgezogen. Die Retorte beheizt man mit Koksofengas oder Gas aus Gaserzeugern.

Die Vorteile der Anlage bestehen darin, daß ein höheres Ausbringen an Benzol, Ammonsulfat, Teer und Teerölen, sowie eine bessere und gleichmäßigere Beschaffenheit von Koks und Gas erreicht wird; die notwendige Grundfläche bei der Verkokungsmenge beträgt nur ⅕ bis ⅙ der sonst üblichen. Die Erzeugungskosten sind geringer; alle Kohlensorten, auch Braunkohle und Torf, können verkokt werden. („Engineering“ Bd. 126 (1928) Nr. 327 S. 363)
[N 3008 d] Ste.

Die Eisenerzgruben bei Bilbao

Die Eisenerzgruben von Bilbao, die verschiedenen Gesellschaften gehören, erstrecken sich sattelförmig, von größeren Verwerfungen verschiedentlich unterschnitten, in einer Mächtigkeit zwischen 30 und 90 m von Nordwesten nach Südosten. Spateisenstein, Rubio, Vena und Campanil werden gefördert. Die Förderung an Spateisenstein beträgt ⅓ der Gesamtförderung, während das am meisten abgebaute Eisenerz, das Rubioerz, ein wasserhaltiges Eisenoxyd oder Brauneisenstein ist, mit einem spezifischen Gewicht von 2 bis 2,5, während der Spateisenstein ein spezifisches Gewicht von 2,8 bis 3 hat. Vena und Campanil sind rote Hämatiterze, die ebenso wie das Rubioerz von der Oxydation des Karbonates herstammen. Campanil ist seiner leichten Reduzierbarkeit und seiner flüssigen Gangart wegen ein besonders geeignetes Erz für Bessemer-Roheisen. Leider sind aber beide Erze nahezu erschöpft; jährlich werden etwa 100 000 t gefördert.

Die Mehrzahl der Gruben betreibt man im Tagebau; man sprengt mit Dynamit. Die Bohrlöcher werden mit der Hand oder mit Druckluft vorgetrieben. Am häufigsten verwendet man den Hammerbohrer, den zwei Leute bedienen. Mit allen Aufenthalten bohrt man mit einem Bohrer etwa 24 m in einer Schicht mit einem Kostenaufwand von 1,15 Pta/m. Dynamit kostet frei Grube 3,80 Pta/kg einschließlich 0,80 Pta/kg Steuer. Wenn das Erz auf 0,5 m Korngröße gesprengt ist, wird es mit der Hand zerkleinert und sortiert; mechanische Brecher sind nicht vorhanden. Die Wagen beladet man ebenfalls mittels einfacher Werkzeuge. Ein Arbeiter leistet in einer Schicht 5 bis 8,5 m^3 Ladearbeit. Der Arbeitslohn hierfür beträgt 7 bis 7,5 Pta in einer Schicht.

Innerhalb der Grube befördert man das Erz mit Kettenbahnen bis zur Hauptstelle der Drahtseilbahnen und dann mit der Drahtseilbahn bis zur Wäscherei. Die 1000 kg fassenden Wagen der Drahtseilbahn haben 2 m/s Fahrgeschwindigkeit. Die Drahtseilbahn befördert 175 t/h Erz und 200 t/h taubes Gestein.

Die Erze werden gewaschen und aufbereitet, die Spateisensteine in Schachtöfen geröstet. Die Öfen haben eine Leistung von 0,6 bis 0,7 t geröstetes Erz, bezogen auf 1 m^3 Inhalt und eine Arbeitsschicht; der Ofeninhalt beträgt 100 m^3. Das Rubioerz enthält etwa 53 vH Fe, der Spateisenstein etwa 58 vH Fe. („The Iron and Coal Trades Review“ Bd. 117 (1928) Nr. 3161 S. 427) [N 3008 e] Ste.

RUNDSCHAU

Luftfahrt

Funkwesen und Elektrotechnik in der Luftfahrt

Die Funktechnik ist ein wichtiges Gebiet im Luftverkehr. Um ihre Entwicklung in allen Anwendungen verfolgen und an ihr tätig mitwirken zu können, hat im September 1926 die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL), Berlin-Adlershof, eine Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik gegründet. In ihren Laboratorien hat man eine Reihe von Forschungsaufgaben inzwischen zum Abschluß gebracht, deren Ergebnisse im folgenden kurz dargelegt werden sollen[1]).

Die Wirksamkeit der drahtlosen Telegraphie und Telephonie im Flugzeug unterliegt zwei einschränkenden Momenten: der unvermeidlichen Verminderung der Zuladung als Folge des Gewichtes der Hochfrequenzgeräte und des aerodynamischen Widerstandes der dem Fahrwind ausgesetzten Teile und anderseits der Beeinträchtigung des akustischen Empfanges durch das von Motoren und Luftschrauben und in offenen Flugzeugen auch durch den Fahrwind bedingte Geräusch. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt hat Geräuschmessungen in Flugzeugen mit einem Gerät der Bauart Siemens-Barkhausen, Abb. 1, angestellt. Die Messungen haben z. B. bei offenen Flugzeugen eine deutliche Abhängigkeit der Ergebnisse von der Lage des beobachtenden Ohres in bezug auf Geräusche durch den Fahrwind sowie von Lage und Anordnung des Motorauspuffes gezeigt.

Die durch die Zündung des Flugmotors verursachten Störungen in Verbindung mit den Erschütterungen während des Fluges haben vielfach auch in Fachkreisen zu der Meinung Anlaß gegeben, daß die Anwendung des Kurzwellenverkehrs mit Flugzeugen nicht möglich sei. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt hat bei der Erprobung der kurzen Wellen im Flugverkehr festgestellt, daß sich für den Verkehr bis 800 km namentlich die Wellen oberhalb 45 m, die auch nach den Amerikanern keine toten Zonen zeigen, vorzüglich für den Flugverkehr eignen, während bei größeren Entfernungen noch Wellen unter 45 m benutzt werden müssen. Der Erfolg der Kurzwellen ist zum großen Teil der Dipolantenne[2]) zuzuschreiben. Ein Vorteil ist auch die Möglichkeit, große Reichweiten mit einem reinen Batteriegerät zu überbrücken. Bei einem Gewichtsaufwand des Flugzeugsenders ohne Batterien von insgesamt nur 4,2 kg ist es möglich, einen Telegraphieverkehr auf 550 km und mehr während des Fluges wie am Boden, also auch nach Notlandungen, auszuführen. Dabei sei aber darauf hingewiesen, daß die seitherigen Erfahrungen sich im wesentlichen auf Telegraphie und nicht auf Telephonie erstrecken.

[1]) Eingehende Berichte über die Untersuchungen und Ergebnisse aus den im Text erwähnten Forschungsgebieten bringt das Sonderheft „Funkwesen und Elektrotechnik", Luftfahrtforschung Bd. 1 (1928) S. 113. Es enthält sieben Berichte der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, an deren Abfassung beteiligt sind: Prof. Dr. phil. H. Faßbender, Dr. phil. K. Krüger, Dr.-Ing. H. Plendl, Dr.-Ing. F. Eisner, Dipl.-Ing. G. Kurlbaum, Dr. phil. F. Liebers und Dipl.-Ing. W. Brintzinger.

[2]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 40 S. 1432.

RZ1936Z1

Abb. 1
Geräuschmesser, Bauart Siemens-Barkhausen.

Abb. 2
Sender und Empfänger des Feldstärken-Meßgerätes, Bauart AEG-Anders.

Zur Untersuchung der Empfangsverhältnisse im Kurzwellenverkehr hat man Versuche zwischen Berlin und Madrid ausgeführt. Die Aufgabe bestand in der Schaffung von Beobachtungen über die günstigsten Wellenlängen, notwendigen Sendeleistungen und geeigneten Betriebsarten. Zu diesem Zweck wurde im allgemeinen von Adlershof aus mit verschiedenen Sendern am Boden und in der fliegenden Maschine gesendet und der Empfang in Madrid oder auf der Reise beobachtet. Als günstigste von den untersuchten Wellenlängen für 2000 km Entfernung erwies sich bei Tageslicht wie auch bei Dunkelheit das Wellenband um 27 und 30 m herum. Bezüglich der Sendeleistung läßt sich sagen, daß bei den Versuchen für die günstigste Wellenlänge von etwa 30 m eine Antennenleistung von 300 W stets ausreichte. In bezug auf einen sauberen Empfang bewährten sich der durch Kristallsteuerung auf gleichbleibender Frequenz gehaltene ungedämpfte Sender sowie der ungedämpft modulierte Sender mit weniger als 100 vH Aussteuerung.

Es wäre verfrüht, die langen Wellen aufzugeben, bevor genügend Betriebserfahrungen mit Kurzwellenverkehr vorliegen. Die Langwellensender im Flugzeug haben sich innerhalb ihrer sicheren Reichweite von 300 bis 500 km bewährt. Ihre bisherige Bauart und Form bedingen jedoch eine erhebliche Verminderung der Zuladung wegen der Verwendung einer Schleppantenne von etwa 70 m Länge. Die besonders günstigen Strahlungsverhältnisse, die man der Schleppantenne oft zuschreibt, konnten bei Versuchen, die man im Rahmen von Leistungs- und Strahlungsmessungen an Flugzeug- und Bodenstationen angestellt hat, nicht wahrgenommen werden.

Die Untersuchungen, wie sich die Leistungen im Antennenkreis auf Abstimmittel und eigentliche Antenne verteilen, wurden durch Messungen der Empfangsfeldstärken ergänzt, Abb. 2. Von weiteren Beobachtungen, die sich gelegentlich dieser Untersuchungen ergaben, sind zu nennen: Die Flughöhe hat in geringen Entfernungen, etwa an der Grenze der Nahwirkungszone, nur wenig Einfluß auf die durch Strahlung erzeugte elektromagnetische Feldstärke. Die Strahlung einer Flugzeug-Schleppantenne verändert sich nahezu linear mit ihrer Länge. Feste Antennen mit aerodynamisch brauchbarer Form haben bei langen Wellen eine Strahlung von etwa 10 vH der Werte der 70 m langen Schleppantenne.

Bei der Langwellentelegraphie haben feste Antennen wegen der am Flugzeugkörper zur Verfügung stehenden geringen Abspannlänge einen schlechten Wirkungsgrad. Vorerst wird nur die Schleppantenne verwendet. So einfach die Vorausberechnung des Luftwiderstandes bei einer festen Antenne auf Grund von Windkanalmessungen an Drähten ist, so verwickelt liegt der Fall bei der geschleppten Antenne. Der Widerstand von geschleppten Antennen und die dadurch verursachte Verringerung der Flugleistungen sind bei der Versuchsanstalt durch Faustformeln für Gestalt, Widerstand und lotrechten Zug der geschleppten Antenne ermittelt worden. Die Formeln enthalten die Abhängigkeit der genannten Größen von Länge, Durchmesser und Gewicht der Antenne, von der Belastung durch ein Antennenei und von der Flug-

Abb. 3
Regelwindflügel (offen), Bauart Telefunken-Seppeler.
a Regelgewichte, deren Fliehkräfte ein das Flügelblatt drehendes Moment erzeugen
b Hülse mit darinliegender verstellbarer Zugfeder, die dem Drehmoment entgegenwirkt
c Ausgleichgewicht

geschwindigkeit. Die Übereinstimmung zwischen der Rechnung und vorliegenden Messungen war ausreichend.

Bei Verkehrsflugzeugen herrscht der Antrieb elektrischer Stromerzeuger durch den Fahrwind vor, nachdem mit betriebsicheren selbstregelnden Windflügeln einfache Spannungskonstanz erreicht werden kann. Die Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Versuchsanstalt hat sich nun die Aufgabe gestellt, das Arbeiten derartiger Windflügel zu untersuchen. An drei zur Verfügung stehenden Windflügeln mit zugehörigen Stromerzeugern wurde bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten die Abhängigkeit der Drehzahl, des Luftwiderstandes und des Wirkungsgrades von der Belastung festgestellt. Die Untersuchungen wurden im Windkanal des Luftschiffbaues Zeppelin, G. m. b. H., Friedrichshafen, vorgenommen. Sie ergaben eine deutliche Überlegenheit des Regelwindflügels, Abb. 3 (gegenüber dem festen Windflügel). Weniger die von ihm erreichten Wirkungsgrade verlangen seine Einführung in die Luftfahrt als die flache Form der Kurven, Abb. 4. Beim festen Windflügel wird nur bei einer bestimmten Belastung und innerhalb einer geringen Windgeschwindigkeitsänderung ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad erreicht. Die Verwendung des festen Windflügels an Stelle des regelbaren läßt sich deshalb nur bei gleichbleibenden Belastungs- und Windverhältnissen rechtfertigen. In jedem andern Fall ist ein Regelwindflügel vorzuziehen.
[M 1936]

Abb. 4
Wirkungsgrade des Telefunken-Seppeler Regelwindflügels.
N_3 = Windflügelaufnahme = Windgeschwindigkeit × Luftwiderstand des Windflügels
Windgeschwindigkeiten in m/s: *a* 28,2; *b* 31,5; *c* 34,8; *d* 38,3; *e* 42,1; *f* 35; *g* 42,3.

Zur Theorie der Querruder[1])

Querruder bei Flugzeugflügeln beginnen meist unstetig an irgendeiner Stelle des Flügels. Da eine Verstellung des Querruders an einem Profil ebenso wirkt wie eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Anstellwinkels, verhält sich ein Flügel mit betätigtem Querruder so wie ein Flügel mit unstetig veränderlichem Anstellwinkel. Aus der Tragflügeltheorie ist aber bekannt, daß sich der Auftrieb an einer solchen Stelle mit unstetiger Anstellwinkeländerung sicher nicht unstetig ändert. Es tritt daher die Frage auf, wie der Übergang der Auftriebverteilung an einer solchen Stelle verläuft, da die Wirkung des Querruders, nämlich das erzeugte Moment um die Längsachse, wesentlich von dieser Verteilung abhängt.

Um diese Frage zunächst unabhängig von anderen Einflüssen, insbesondere denen der Flügelenden, zu klären, ist für die theoretische Betrachtung ein Flügel von unendlicher Spannweite und konstanter Flügeltiefe, der an einer Stelle eine unstetige Anstellwinkeländerung aufweist, zugrundegelegt worden. Für diesen einfachen Fall ist die Auftriebverteilung mit den bekannten Verfahren der Tragflügeltheorie verhältnismäßig leicht zu berechnen.

Der Anstellwinkel auf der einen Seite der Unstetigkeitsstelle sei α_1, der auf der anderen Seite α_2. Der Auftrieb auf die Längeneinheit, den der Flügel von unendlicher Spannweite bei konstantem Anstellwinkel α_1 haben würde, sei A_1, bei konstantem Anstellwinkel α_2 sei er A_2. Für den Flügel mit unstetigem Übergang von α_1 auf α_2 läßt sich der Auftrieb auf die Längeneinheit an einer Stelle im Abstand x von der Unstetigkeitsstelle darstellen durch

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} + \frac{A_2 - A_1}{2}\,\varepsilon\,.$$

Dabei ist ε eine Funktion von x, welche für negative Werte von x den gleichen Betrag nur mit dem umgekehrten Vorzeichen wie für die entsprechenden positiven Werte von x hat. Der Ausdruck für ε lautet für positive x:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{2}{\pi}\sin\frac{8\,x}{c\,t}\,\mathrm{Ci}\,\frac{8\,x}{c\,t}\right) - \cos\frac{8\,x}{c\,t}\left(1 - \frac{2}{\pi}\,\mathrm{Si}\,\frac{8\,x}{c\,t}\right).$$

Dabei bedeuten allgemein

$$\mathrm{Si}\,\xi = \int_0^\xi \frac{\sin z}{z}\,d\,z \quad \text{und} \quad \mathrm{Ci}\,\xi = \int_\xi^\infty \frac{\cos z}{z}\,d\,z$$

die bekannten Funktionen Integralsinus und Integralcosinus, t die Flügeltiefe und c eine dem Profil eigentümliche Konstante, welche die Änderung des Auftriebes mit dem Anstellwinkel kennzeichnet:

$$c = \frac{\mathrm{d}\,c_a}{\mathrm{d}\,\alpha},$$

wobei c_a die in der üblichen Weise definierte Auftriebzahl

$$c_a = \frac{A}{\frac{\varrho}{2}\,v^2\,t}$$

ist.

Der Verlauf der Funktion ε für positive x ist in Abb. 5 dargestellt. Für negative x ergibt sich die gleiche Kurve nur mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Für große Werte von x läßt sich die Funktion $\varepsilon(x)$ durch die halbkonvergente Reihe[2])

$$\varepsilon = 1 - \frac{2}{\pi\,z}\left(1 - \frac{2\,!}{z^2} + \frac{4\,!}{z^4} - \cdots\right)$$

darstellen, wobei zur Abkürzung $z = \frac{8\,x}{c\,t}$ gesetzt ist. Für kleine Werte von x wird die Funktion durch den Ausdruck

$$\varepsilon = \frac{2}{\pi}\,(1 - C - \ln z)\,z$$

wiedergegeben (für $z \ll 1$), wobei $C = 0{,}577$ die Eulersche Konstante bedeutet. [M 2028]

Göttingen A. Betz

[1]) Von A. Betz und E. Petersohn, Z. f. ang. Math. u. Mech. Bd. 8 (1928) Nr. 4 S. 253.

[2]) Die Reihe ist nur soweit zu verwenden, wie die Glieder abnehmen.

Abb. 5. Verlauf des Beiwertes ε bei unstetiger Anstellwinkeländerung und positiven Abständen x.

Gießerei

Probleme im Gießereiwesen

Unter dem Vorsitz von Dr.-Ing. Werner, Düsseldorf, hielt der Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, seine 58. Hauptversammlung vom 15. bis 17. Juni in Danzig ab, um den Fachgenossen der durch das Versailler Diktat vom Vaterlande losgerissenen alten deutschen Stadt zu zeigen, daß trotz allem das Gefühl der inneren Zusammengehörigkeit nicht aufgehört hat.

Nachdem die Fachgenossen aus allen Ländern des Reiches in zwei gemeinsamen Reisen zur See und zu Lande am 14. Juni in der freien Stadt Danzig eingetroffen waren, wurden die Veranstaltungen am 15. Juni in der Technischen Hochschule zu Danzig-Langfuhr mit einer Sitzung des Technischen Hauptausschusses eröffnet. Zunächst war in einer geschlossenen Sitzung über die Vereinsarbeit berichtet worden, sodann wurden in öffentlicher Sitzung die folgenden Berichte entgegengenommen: Prof. Dr. Aulich, Duisburg, über „Grundsätze der Formsandprüfung unter Berücksichtigung der süddeutschen Sandvorkommen; Dipl.-Ing. Ebling, Düsseldorf, Stand der Arbeiten des Ausschusses für Trockenofenuntersuchungen; Dr.-Ing. H. Jungbluth, Essen, Die Arbeiten des Ausschusses für hochwertiges Gußeisen; Dr.-Ing. H. Thaler, Niederdreisbach, Einfluß der Hochofen-Betriebsführung auf die Beschaffenheit des Gießereiroheisens und die Erfahrungen im Verkehr mit den Gießereien; Dr.-Ing. H. Jungbluth, Essen, Stand der Untersuchungen über das Wachsen von Gußeisen; Dr.-Ing. Bardenheuer, Düsseldorf, Der Brackelsberg-Drehofen zum Schmelzen von hochwertigem Gußeisen.

Als erster Redner behandelte in den Technischen Vorträgen des Vereins Dir. Hemprich, Danziger Werft,

die Entwicklung und Bedeutung der Danziger Werftindustrie.

Danzig hat seine Vormachtstellung als Handelsstadt seiner günstigen geographischen Lage vorzugsweise zu verdanken, und zwar zuerst als Stapelplatz für Getreide und Holz. Im Laufe der Jahrhunderte haben allerdings diese beiden Handelsgüter an Bedeutung für Danzig wesentlich eingebüßt, an ihrer Stelle ist neben andern Industrien in erster Linie eine hochentwickelte Schiffbauindustrie entstanden, die dem Stadtbild ihren Stempel aufgedrückt hat. In den Jahren 1870 bis 1880 herrschte der Holzschiffbau vor, an dessen Stelle von 1880 bis 1892 der Bau kleinerer und mittelgroßer Eisenschiffe trat, und seit 1892 der Großschiffbau.

Auf der ersten 1827 von Johann Wilhelm Klawitter gegründeten Werft wurden Kauffahrteischiffe aus Holz bis zu 40 m Länge gebaut, u. a. auch das erste noch aus Holz hergestellte Schwimmdock für den Preußischen Staat. Der Rückgang des Getreide- und Holzhandels zwang zur Aufnahme des Wettbewerbs mit dem fortschrittlicheren Westen und Umstellung auf den Bau eiserner Fluß- und Seeschiffe, die Klawitter seit 1890 bis zu 3000 t herstellen konnte.

1890 verlegte die Elbinger Schiffswerft und Maschinenfabrik ihren Betrieb nach Danzig, um hier den Großschiffbau zu eröffnen. Acht teilweise bis zu 270 m lange und 30 m breite Hellinge, ein Ausrüstungsbecken mit einem 250 t-Hammerkran wurden eingerichtet. Hier wurden u. a. das Kanonenboot „Iltis“ (Beschießung der Taku-Forts), die Linienschiffe „Schlesien“ und „Oldenburg“ und das größte Schiff der heutigen deutschen Handelsflotte, „Columbus“, erbaut.

Die Danziger Werft, ehemalige Kaiserliche Werft, kann auf das Jahr 1844 zurückgeführt werden. Zunächst nur als Stützpunkt und Ausrüstungswerft benutzt, wurde sie, nachdem durch stürmisches Eistreiben eine neue Weichselbildung entstanden war, als Werft in dem durch Einbau einer Schleuse abgeschlossenen toten Weichselarm ausgebaut. Nach englischen Plänen entstanden hier 1850 die Raddampferkorvette „Danzig“, später die Schraubenkorvetten „Arcona“ und „Gazelle“. Die Verlegung der Marinestation nach Kiel 1864 und der Ausbau Wilhelmshavens drohten die Werft zum Erliegen zu bringen, als sich Preußen entschloß, die Danziger Werft als östlichsten Stützpunkt der Ostsee auszubauen. Man erweiterte die Werft, baute sie um, legte Wagerechtslips an und, als in den 90er Jahren die Rayonbeschränkung fiel, vergrößerte man sie nochmals und erwarb die Insel Holm hinzu. Die im Weltkriege berühmt gewordenen Schiffe „Emden“, U 9, U 20, U 29 und viele U-Kreuzer sind hier entstanden. Nach dem Kriege hat man die Werft mit den Eisenbahnwerkstätten zu einer Aktien-Gesellschaft vereinigt. Unter Beibehaltung des Schiffbaues und der Schiffsausbesserung werden heute Dieselmaschinen, Hochdruckkessel, Transformatoren gebaut sow[ie] Lokomotiven und Eisenbahnwagen usw. ausgebesse[rt]. Außerdem wird hochwertiger Grau-, Stahl- und Glockengu[ß] hergestellt.

Das Versailler Diktat hat Danzigs Industrie hart g[e]troffen; die Schwierigkeiten konnten, wenn auch nur unt[er] Anspannung aller Kräfte, in jahrelanger, beharrlicher Arbe[it] überwunden werden, so daß heute das alte Ansehen d[er] Danziger Schiffbauindustrie ungemindert fortbesteht.

Anschließend daran sprach Prof. Dr. Heuser, Danzig, über den gegenwärtigen Stand der Mechanisierung in der Landwirtschaft un[d] weitere Entwicklungsmöglichkeiten.

Sodann erhielt der Hauptgeschäftsführer des Ve[r]eins, Dr.-Ing. Geilenkirchen, Düsseldorf, das Wo[rt] zu dem Vortrag

Gegenwärtige und künftige Probleme im Gießereiwesen.

Das Gußeisen konnte sich durch die erfolgreichen ne[u]zeitlichen Bestrebungen zu Verbesserung seiner Eigenscha[f]ten den größten Teil des im Laufe der letzten Jahrzehnt[e] an den Stahlguß verlorenen Gebietes wieder zurückerober[n]. Neuerdings beginnt der Leichtmetallguß für manche Ve[r]wendungszwecke an die Stelle des Graugusses zu treten. I[m] Elektromaschinenbau wird bei Großgußstücken das Gußeise[n] schon in größerem Umfang durch Bauarten aus geschweißte[n] Stahlblechen ersetzt. Demnach liegt die Grundaufgabe, di[e] eine Existenzfrage für die Gießereien ist, heutzutage dari[n] den Schmelz- und Gießvorgang so zu leiten, daß das erzeugt[e] Eisengußstück für den jeweiligen Verwendungszweck di[e] denkbar besten Eigenschaften erhält.

Durch das Studium des mikroskopischen Gefügeaufbaue[s] der graphithaltigen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen ist es i[n] den letzten zehn Jahren gelungen, die Bedingungen zu er[]gründen, unter denen ein Gußeisen von besten mechanische[n] Eigenschaften mit gleichmäßigem feinkörnigem Gefüge un[d] großer Dichte entsteht, und durch bewußtes Herbeiführe[n] dieser Bedingungen die Frage der Herstellung solchen hoch[]wertigen Gußeisens[1]) praktisch zu lösen. Der Lanzsch[e] Perlitguß, Kruppsche Sternguß, der Thyssen-Emmelguß, di[e] Herstellung von Gußeisen mit feinstverteiltem Graphit nac[h] dem Verfahren von Schütz und nach den Forschungen vo[n] Prof. Dr. Piwowarsky, Aachen, und Prof. Dr. Hanemann[,] Berlin, oder die von der Maschinenfabrik Eßlingen betrie[]bene Herstellung von hocherhitztem Gußeisen im Wüst[-] Flammofen kennzeichnen diese Fortschritte. Es hat sich be[i] allen diesen Verfahren als notwendig erwiesen, das Schmelz[]gut nach der Schmelzung auf hohe Temperaturen zu über[]hitzen, die bisher in der Eisengießereipraxis nicht üblic[h] waren.

Neben der Verwendung neuzeitlicher Schmelzöfen, i[n] denen diese hohen Temperaturen ohne Schwierigkeiten z[u] erreichen sind, kommt es darauf an, den Schmelzbetrie[b] auch in den allgemein gebräuchlichen Kuppelöfen so z[u] führen, daß die erwünschte Überhitzung des Gußeisens i[n] ihnen mit einem Mindestmaß an Schmelzkoks erreicht wird[.] Wenn auch über die Zweckmäßigkeit, über die Anordnung der Nebeneinrichtungen, besonders zur Erzeugung und Ver[]teilung des Gebläsewindes, noch keine Einigkeit herrscht[,] so kann das Ofenproblem heute doch praktisch als gelös[t] gelten. Die wissenschaftlichen Grundlagen hierfür zu geben wird Aufgabe zukünftiger Forschung sein.

Eine weitere wärmewirtschaftliche Aufgabe ist die Frag[e] der zweckmäßigsten Ausgestaltung der Einrichtungen zu[m] Trocknen der Formteile. Erst die unter dem Zwange de[r] Nachkriegszeit entstandene Notwendigkeit sparsamer Wärme[]wirtschaft hat zu Trockenofenbauarten geführt, die das ge[]wünschte Ziel mit einem geringen Brennstoffaufwand er[]reichen. Auch auf diesem Gebiete hat der Verein eingehend[e] Versuche veranlaßt, die demnächst abgeschlossen sein wer[]den. Neben dem Guß in getrockneten Formen haben ameri[]kanische und eine große Anzahl deutscher Gießereien da[s] Gießen in ungetrocknete Formen erfolgreich eingeführt un[d] dadurch eine Beschleunigung der Arbeit, bessere Aus[]nutzung der Formfläche und erhebliche Vergrößerung ihre[r] Leistungen erreicht. Bisher hat man dies Verfahren nu[r] für dünnwandige Stücke angewendet, es gilt, es auch au[f] größere Gußstücke auszudehnen, wobei der Formsand vo[n] entscheidender Bedeutung ist.

Wichtig ist bei der zunehmenden Bedeutung der Maschi[]nenformerei die wissenschaftliche Ergründung der einzelne[n] Sandverdichtungsverfahren, damit die gefühls- und erfah[]rungsmäßige Arbeit hier durch wissenschaftlich begründete Berechnung ersetzt werden kann. Ebenso bedarf die Frage noch der Lösung, welche von den vielen praktisch leistungs[]fähigen deutschen Formmaschinenbauarten sich von Fall zu Fall am besten eignet. Dasselbe gilt für die Kernform[]maschinen.

[1]) Vgl. Z. Bd. 71 (1927) S. 562.

Bei der Kernherstellung ist durch Verwendung von Naßsand und Ölsand noch eine erhebliche Vergrößerung der Leistungen zu erwarten, wobei auf die erheblichen Fortschritte der amerikanischen Gießereien auf dem Gebiete der Kernmacherei hinzuweisen ist. Beim Gießen ist die richtige Anordnung der Eingüsse und Steiger, ferner die richtige Gießtemperatur des flüssigen Eisens von Bedeutung. Auch die hiermit verbundenen Fragen bedürfen noch wissenschaftlicher Erforschung.

Bei der Lösung der Mehrzahl dieser Aufgaben wird sich ergeben, daß die Verhältnisse bei den einzelnen Gußwarenklassen sehr verschieden liegen, so daß die Gießereien die Bedingungen für gute und billige Herstellung ihrer Erzeugnisse nur dann erfüllen können, wenn sie sich auf die Herstellung weniger Gußwarensorten beschränken. Das setzt aber voraus, daß die Bedingungen und Kosten der Herstellung einzelner Gußwaren genau untersucht und errechnet werden, damit die Gießerei ermitteln kann, welche Art von Gußwaren sie mit Gewinn verkaufen kann. Dann wird es auch möglich sein, selbst bei geringeren Stückzahlen neuzeitliche Verfahren zur Arbeitsbeschleunigung einzuführen und durch Steigerung der Durchflußgeschwindigkeit die Leistung zu steigern und die Selbstkosten zu verringern. Dabei verdienen die Förderfrage, die Feststellung der Verlustzeiten durch Zeitstudien und die psychotechnische Eignungsprüfung der Belegschaft besondere Aufmerksamkeit.

Die Lösung dieser vielseitigen und bedeutungsvollen Aufgaben des Gießereiwesens verlangt vom Nachwuchs an Gießereiingenieuren hingebende und zielbewußte Arbeit; denn nur durch eine solche kann die Eisengießereiindustrie lebensfähig erhalten werden.

Am 16. Juni berichtete in der Marktversammlung Syndikus Reuß von der Geschäftsstelle über die

Lage der Eisengießereien.

Die Beschäftigung war im Jahre 1927 überwiegend zufriedenstellend, bis sich gegen Ende des Jahres eine leichte Abschwächung einstellte, die, von geringen Schwankungen abgesehen, auch heute noch andauert und an manchen Stellen bereits recht fühlbar ist. Im Durchschnitt sind die Werke noch auf 4 bis 6 Wochen mit Aufträgen versorgt, eine Anzahl verfügt über Aufträge für mehrere Monate. Die Rohstoffversorgung gestaltete sich im allgemeinen glatt.

Die Löhne erfuhren überall eine starke Erhöhung, die sich besonders vom April und Mai 1928 bemerkbar machte, da zu diesem Zeitpunkt die Mehrzahl der Tarifverträge ablief. Leider sahen sich die Gießereien hierdurch zu einer Erhöhung der Preise für Handelsguß um 8 vH mit Wirkung vom 1. Mai 1928 genötigt, was zu Schwierigkeiten mit den Gußverbraucherverbänden geführt hat. Reuß behandelte eingehend die Notwendigkeit dieser Maßnahme. Die Eisengießereien sind bestrebt, mit ihren Verbrauchern, mit denen sie wirtschaftlich aufs engste verbunden sind, gedeihlich zusammenzuarbeiten; sie erachten aber als Voraussetzung hierfür, daß diese ihrer wirtschaftlichen Lage Verständnis entgegenbringen.

Darauf folgten besondere Berichte über den Roheisen-, den Gußbruch- und den Kohlenmarkt.

Am 17. Juni fand in der Technischen Hochschule die eigentliche Hauptversammlung statt. Der Vorsitzende, Dr.-Ing. Werner, Düsseldorf, erstattete zunächst den Tätigkeitsbericht. Er wies auf die Steigerung der Arbeiterzahlen trotz der zunehmenden Rationalisierung der Gießereibetriebe hin und auf die Umgestaltung der Vereinszeitschrift „Die Gießerei", die seit dem 1. Januar 1928 als gemeinsames Organ der gesamten Gießereiindustrie erscheint. Er beleuchtete dann die Schwierigkeiten der Durchführung des Arbeitszeitgesetzes mit Rücksicht auf den Schmelzbetrieb. Die erhoffte Besserung der wirtschaftlichen Lage der Eisengießereien ist 1927 im großen und ganzen eingetreten, die Preisentwicklung war dagegen leider nicht so, daß sie einen Ausgleich für die schweren Verluste vergangener Jahre hätte bringen können. Besonders Lohnerhöhungen haben den Anlaß zu einer Erhöhung der Gußpreise gegeben. Die Vereinsleitung hat getan, was sie konnte, um den Gießereien den Weg zur Durchführung aller notwendigen Rationalisierungsarbeiten zu zeigen. Namentlich hat sie sich auch der Heranbildung des Facharbeiternachwuchses gewidmet. Die schulmäßige Ausbildung der Lehrlinge läßt zu wünschen übrig, namentlich die Lehrerfrage erfordert Aufmerksamkeit. Hier hat das Gewerbelehrerseminar in Köln eine besondere Ausbildung der Berufsschullehrer für Former- und Modelltischlerklassen in die Wege geleitet.

Weiter ging Werner auf die sonstigen technischen Arbeiten des Vereins ein: Einführung der Konstruktionsregeln für Grauguß, Fachnormen für Gießereiwesen, Formsanduntersuchungen, Untersuchungen über das Wachsen von Grauguß bei höheren Temperaturen, Untersuchungen der Roheisenbeschaffenheit, Untersuchung und Rationalisierung der Kuppelofenanlagen u. a. m. Die Ergebnisse sollen in der Mitte 1929 stattfindenden Gießereifachausstellung „Sparsamer Betrieb in Gießereien" der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Er schloß seine Ausführungen mit dem Wunsche, daß Technik und Wirtschaft des Gießereiwesens einander immer mehr befruchten mögen, daß die Fortschritte der Technik im kommenden Jahre die wirtschaftliche Lage der Eisengießereien verbessern und aus dieser Verbesserung der Technik weitere Fortschritte erwachsen mögen.

Im Anschluß an den mit großem Beifall aufgenommenen Bericht verlieh die Hauptversammlung August Diefenthäler, Heidelberg, in Anerkennung seiner Verdienste um die Technik des Gießereiwesens die Siegfried-Werner-Denkmünze. Nach Erledigung einer Reihe geschäftlicher Angelegenheiten sprach am Schluß Prof. Dr. Leidig über das Thema: „Der Osten in der deutschen Landwirtschaft". [N 1865]

Hamburg Lohse

Werkstoffe

Erfahrungen mit Aluminiumleitungen

Bereits im Jahre 1920 hatte die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde gemeinsam mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke an eine Anzahl von Elektrizitätswerken eine Umfrage gerichtet über die bisherigen Erfahrungen mit Aluminiumleitungen. Das Ergebnis dieser Umfrage war günstig[1]). Da jedoch die Betriebzeit der geprüften Leitungen noch zu kurz war, hat sich zur Nachprüfung der damaligen Ergebnisse die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde entschlossen, eine zweite Umfrage an die deutschen Elektrizitätswerke zu richten. Diese Rundfrage wurde an diejenigen Elektrizitätswerke verschickt, die bei Spannungen von 30 kV und darüber Aluminium- oder Stahlaluminiumseile verwenden. Die Rundfrage bestand aus zwei Fragebogen, von denen der erste alle Fragen hinsichtlich der Art, des Aufbaues und der Länge der verlegten Leitungen und Einzelheiten der Streckenbestandteile und der zweite alle Fragen über Art und Größe der aufgetretenen Schäden enthielt.

Wie H. Schmitt in seinem Bericht[2]) feststellte, hat der überwiegende Teil der Aluminium- und Stahlaluminiumleitungen allen Anforderungen des Betriebes standgehalten. Ein geringer Teil Leitungen mußte wegen ungenügender Reinheit des Werkstoffes (Kriegswerkstoff) für Leitungen und Armaturen (Seilverbinder und Klemmen) ausgewechselt werden. Aus den Antworten ergab sich, daß bei sachrichtiger Verarbeitung, Verlegung und bei Verwendung einwandfreier Armaturen Reinaluminium- und Stahlaluminiumleitungen sich durchaus bewähren. Fast alle untersuchten Leitungen sind mit 8 kg/mm² Höchstzugspannung verlegt worden. Die Nähe von Fabriken und Gruben, das Auftreten von Rauhreif und Eis haben bei sachgemäß verlegten Leitungen keinen Schaden angerichtet. Der Einfluß der Nordsee konnte nicht einwandfrei festgestellt werden Von den eingegangenen Antworten enthalten etwa 40 vH. die rd. 3600 km Länge betreffen, ausgesprochen günstige Urteile über Aluminiumleitungen. 18 Werke mit rd. 4500 km Streckenlänge berichten rein sachlich über die Schäden, und nur zwei Werke, die etwa 10 vH der Streckenlänge vertraten, haben im ungünstigen Sinne geantwortet. Insgesamt wurden rd. 9000 km durch die Rundfrage erfaßt. Das Alter der Leitungen liegt zwischen 1 und 14 Jahren, bei den größten Streckenlängen zwischen 3 und 6 Jahren.

Im Anschluß an diese Rundfrage sind von den Vereinigten Aluminiumwerken, Lautawerk, Untersuchungen durchgeführt worden, um die Ursache einiger Korrosionsfälle an Aluminiumfreileitungsseilen festzustellen. Das Ergebnis dieser Prüfungen wird von Dr. Bohner[3]) in vier Gruppen zusammengefaßt, und zwar 1. Drähte mit unzureichendem Reinheitsgrad, 2. Fehler im Draht infolge unsachgemäßer Verarbeitung im Drahtwerk, 3. unsachgemäße Verlegung der Seile und 4. Gefügeänderungen der Drähte durch Kurzschluß, Blitz usw.

Die chemische Analyse stark angefressener Seile ergab, daß der verwendete Werkstoff nicht den DIN-Vorschriften (DIN-Blatt Nr. 1712) für Reinaluminium entsprach. Es handelt sich hier nicht um Originalhütten- oder Reinaluminium, sondern hauptsächlich um Umschmelz- oder Kriegswerkstoffe. Die Verarbeitungsfehler an Aluminiumseilen sind vor allem auf unrichtige Temperatur beim Warmwalzen, Aufschlagen der Barren in den Kalibern und auf die nicht sorgfältig genug getrennte Verarbeitung von Aluminium, Kupfer und Messing auf den gleichen Walzen zurückzuführen. Unbedingt notwendig ist, daß die Walzwerke, die

[1]) Z. f. Metallk. Bd. 13 (1921) S. 179.
[2]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 305.
[3]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 309.

verschiedene Metalle verarbeiten, die Walzen oder die Ziehbänke gründlich von Rückständen der Metalle reinigen, ehe sie ein andres Metall verwalzen. Auch die Schmiermittel sind sorgfältig zu trennen.

Beim Zusammenbau ist vor allem darauf zu achten, daß, wie es auch die VDE-Vorschriften verlangen, die Drähte nicht über Stacheldraht oder steiniges Gelände gezogen werden. Auch bei frisch gedüngten Feldern oder stark kalkgedüngtem Boden ist bestimmte Vorsicht geboten. Zu starkes Spannen der Seile bedingt ein Weiterlängen der Aluminiumdrähte. Bei einigen Seilen war durch Blitz oder Kurzschluß eine Entfestigung des Werkstoffes eingetreten, die in einigen Fällen zum Reißen führte.

Diese Schwierigkeiten können auf Grund der heutigen Erkenntnisse behoben werden. Das jetzt für Freileitungen gelieferte Aluminium hat einen Reinheitsgrad von mindestens 99,5 vH; in den vergütbaren Freileitungslegierungen sind sehr hochwertige und chemisch widerstandsfähige Werkstoffe für Leitungsseile und Armaturen entstanden. Spannungen im Draht werden durch ein Nachtempern, das auch die elektrische Leitfähigkeit steigert, vermieden. [N 2054] Wf.

Fließbewegung in plastischen Stoffen

Unckel[1]) hat die plastische Verformung eines Stoffes, den man aus einer kreisrunden Öffnung im Boden eines Zylinders herauspreßt, untersucht. Die Versuche zerfallen in zwei Abschnitte; der erste von mehr theoretischer Bedeutung behandelt Versuche mit Ton und einer Wachsmasse, der zweite, nach der praktischen Seite gerichtete, solche mit Preßmessing und Aluminium. Um den Vorgang der Verformung sichtbar zu machen, wird bei Ton und Wachs der auszupressende zylindrische Körper aus Ringen verschiedener Färbung so zusammengesetzt, daß sich im Meridianschnitt ein Netz verschiedenfarbiger Quadrate ergibt. Wird der Körper im verformten Zustand durch einen Meridianschnitt geteilt, so kann man aus den Verzerrungen dieser Quadrate in den verschiedenen Zuständen auf die plastischen Bewegungen schließen. Dem gleichen Zweck dienen bei den Metallen senkrecht zur Achse eingelegte genutete Kupferscheiben.

Das Hauptergebnis ist bei den Versuchen mit Wachs und Ton, daß die plastische Bewegung einen stationären Charakter hat; der Werkstoff fließt in Stromlinien, die sich weder während des einzelnen Preßvorganges noch bei verschiedenen Preßgeschwindigkeiten merklich ändern, sondern nur von den Abmessungen des Zylinders und der Bodenöffnung bestimmt sind. Das ist eine Folge des Umstandes, daß der Werkstoff im Zustande der Verformung seine Homogenität nicht verliert und seine Plastizität nicht ändert.

Die Abweichungen von diesem einfachen Verhalten, die sich bei Metallen einstellen, erklären sich aus der ungenügenden Homogenität des Stoffes; die härtere Oberflächenschicht, Temperaturunterschiede beim Warmpressen und die Wirkungen der Kräfte auf die mechanischen Eigenschaften des Stoffes gestalten den Preßvorgang verwickelt. Diese Dinge werden nach der theoretischen und praktischen Seite erörtert.

Bezüglich der mathematischen Behandlung der Fragen empfiehlt Unckel ein zeichnerisches Verfahren der schrittweisen Annäherung, das aber nicht für einen Einzelfall durchgeführt wird; zur Wiedergabe seiner besonderen Ergebnisse wird eine interpolatorische Formel aufgestellt.

Versuche zum ebenen Problem (Auspressen aus einem Spalt) werden nur erwähnt. Da dieser Fall der mathematischen Behandlung noch am ersten zugänglich ist, wäre eine Veröffentlichung der Versuchsergebnisse an andrer Stelle zu wünschen. [N 1843]

Dresden-A. E. Trefftz

[1]) Über die Fließbewegung in plastischem Material, das aus einem Zylinder durch eine konzentrische Bodenöffnung gepreßt wird. Von Hermann Unckel. Berlin 1928, Julius Springer. 66 S. mit 45 Abb. Preis 8 ℛℳ.

Dauerversuche über Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeit[1])

Der erste Teil der Arbeit von Dr.-Ing. E. Becker und Prof. Dr.-Ing. O. Föppl behandelt die wichtigsten Feststellungen, die man bei der Durchführung von Dauerversuchen gemacht hat. Der statische Zerreißversuch kann nur unvollkommene Aussagen über das Verhalten der Werkstoffe im Betrieb geben. Auch unterhalb der Elastizitätsgrenze (im Sinne der üblichen Festsetzung mit der 0,003 vH-Grenze) treten neben den großen elastischen Formänderungen kleine plastische Verformungen auf, die das Verhalten des Werkstoffes im praktischen Betrieb ganz wesentlich beeinflussen können. Diese plastischen Verformungsanteile lassen sich durch den Verdrehungs-Dauerv such sehr gut bestimmen (Dämpfungsbestimmung). M stellt dabei fest, daß sich die Dämpfung infolge der Wechs beanspruchungen wesentlich verändern kann, ohne daß Dauerhaltbarkeit des Stoffes überschritten zu sein brauc

Der große Einfluß von kleinen Fehlstellen und Ob flächenbeschädigungen auf die Haltbarkeit im Dauerbetri wird an der Hand einer großen Reihe von Versuchserg nissen besprochen. Den Abschluß des ersten Teiles bil eine Zusammenstellung der Werte für Biegungsschwingung festigkeit σ_{Schw} und Drehschwingungsfestigkeit τ_{Schw}, an verschiedenen Stäben aus Eisen und Leichtmetallen g wonnen worden sind. Man sieht aus den Ergebnissen, d σ_{Schw} nicht in einem gleichbleibenden Verhältnis zu τ_{Sc} steht, wie das im Schrifttum gewöhnlich angenomm wird, sondern daß man für die verschiedenen Bausto Werte für dies Verhältnis bekommt, die zwischen 1, (Stahlformguß) und 2,10 (Schweißstahl) schwanken. Mittel ist die Schubspannung im Dauerwechselbetrieb b Stahlstäben (Duraluminiumstäben) etwa 1,65 mal (1,75 ma gefährlicher als die wechselnde Normalspannung, die v der Biegung herrührt.

Der zweite Teil[2]) der Arbeit betrifft Untersuchung über die Dämpfungsfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe d Drehschwingungsmaschine Föppl-Busemann[3]).

Man untersuchte einen Eisenstab und einen Kupfersta und stellte vor allem die Abhängigkeit zwischen Verfo mungsgeschwindigkeit und Dämpfungsfähigkeit fest. Zuer wurden die Hystereseschleifen mit Hilfe einer statisch Verdrehungsmaschine in Abhängigkeit von der Randverfo mung aufgenommen ($n = 0$). Dann folgten dynamisc Dämpfungsmessungen bei $n = 200$ bis 2500 U/min. D Dämpfung wurde auf drei Arten mit Hilfe des Anlaufve suches, des Auslaufversuches und mit Hilfe der eingeleitete Energie bestimmt.

Die geringste Streuung in den Ergebnissen lieferten d Anlaufversuche, die Becker erstmalig angewendet hat. Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen von R wett[4]) wurde keine Abhängigkeit der Dämpfung von d Drehzahl n oder der Formänderungsgeschwindigkeit festg stellt. Besonders beweiskräftig ist die Tatsache, daß d statischen Hysteresisaufnahmen und die dynamischen Dä pfungsmessungen nur geringe Abweichungen (wenige vH in den Ergebnissen gebracht haben. Man kann deshalb d Dämpfung auch mit Hilfe einer statischen Eichung bestin men, wenn man sich dabei nur genügend feiner Meßve fahren bedient, die es gestatten, den kleinen plastisch Verformungsanteil vom großen elastischen abzusonder Noch heute wird im Schrifttum vielfach die Dämpfun verhältnisgleich der Verformungsgeschwindigkeit geset Nach den hier vorliegenden Versuchsergebnissen ist dies Ansatz sicher falsch, wenn die plastische Verformung v der gleichen Größenordnung ist wie die elastische. N bei Verformungen, bei denen der plastische Anteil den el stischen vielfach übersteigt, ist die Frage der Abhängigke der Dämpfung von der Verformungsgeschwindigkeit no ungeklärt und deshalb strittig.

Die zur Anwendung gekommenen Versuchseinrichtu gen und die Versuchsdurchführung werden eingehend b schrieben, so daß diejenigen, die sich mit Dauerversuche vor allem mit der Bestimmung der Dämpfungsfähigkeit v Werkstoffen befassen, wertvolle Anregungen und Mitte lungen erfahren werden. [N 1855]

Braunschweig O. Föppl

[1]) Auszug aus Heft 304 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1928. Vergl. a. Nr. 37 dieser Zeitschrift S. 1293.

[2]) Dissertation von E. Becker.

[3]) Gebaut von Lehmann & Michels, Hamburg-Altona.

[4]) Z. Bd. 58 (1914) S. 1600.

Berichtigung

Fortschritte der See- und Binnenschiffahrt

Zu dem in Nr. 39 S. 1386 veröffentlichten Vortrag bericht tragen wir auf Wunsch von Dr.-Ing. E. Foerste noch folgendes nach: Die Angabe, daß ein Schiff bei gleich Maschinenleistung und Geschwindigkeit infolge der tec nischen Fortschritte heute etwa zweimal so viel Nutzla befördern könne, wie vor etwa 20 Jahren, wurde vom Vo tragenden nur als Beispiel dafür angeführt, welche irri gen Ansichten gelegentlich selbst Sachverständige unterlaufen können.

Die letzten Zeilen des gleichen Absatzes müßten z Vermeidung von Mißverständnissen lauten: Der nutz bare Laderaum solcher hochwertiger Frachtschiff Typen je Tonne Gewichtstragfähigkeit, d. h. der Raum je Ladung (nach Abzug der Betriebsgewichte und Betrieb räume, z. B. Bunker usw.) hat sich von rd. 1,4 auf 1,7 b 1,8 m³ gesteigert. [N 2119]

Kleine Mitteilungen

Messungen an Dampf von 280 at und 400 °C

Prof. Callendar hat am 8. August d. J. der Royal Society einen Bericht über die Erweiterung seiner bekannten Dampftafeln und Dampfgleichungen bis zu den oben genannten Grenzen erstattet. Seine Messungen an einer verbesserten Anlage und an reinem, luftfreiem Wasser sollen ergeben haben, daß, entgegen der bisherigen Annahme, bei der bisher als der kritischen geltenden Temperatur von 374 °C die Dichten von Wasser und Dampf nicht gleich werden, sondern daß bis etwas über 380 ° ein geringer Unterschied zwischen diesen beiden Dichten vorhanden ist, obgleich in dem Glasrohr die Grenze zwischen Wasser und Dampf schon bei 374 ° verschwindet. Aus diesem Ergebnis folgert Callendar, daß für den Übergang von Wasser in Dampf noch bis zu 380 ° Wärme aufgewendet werden muß. Danach gelte die Gleichung $P/T^{13/3}$ = konst. auch für den kritischen Zustand, was man bisher bezweifelt habe. In der Brennstoffkonferenz zu London berichtete ferner Dr. J. Havliček, Witkowitz, über die von ihm in Angriff genommenen Forschungen über die Eigenschaften von hochgespanntem Wasserdampf. („The Engineer“ 5. Oktober 1928 S. 378) [N 2133 a] H.

Oberflächenkondensator mit neuartiger Luftführung

Im Stonebridge Park-Kraftwerk der Metropolitan-Vickers-Electrical Co. wurde in Verbindung mit einer 10 000 kW-Turbodynamo ein Oberflächenkondensator von 1440 m² aufgestellt, der in bezug auf seine Luftabführung neuartig ist; die Luft wird über ein mittleres Luftsammelrohr geführt, das sich über die ganze Länge des Kondensators erstreckt und sich in einem von Kühlrohren freien Raum befindet. Das Dampf-Luft-Gemisch strömt von allen Seiten radial diesem Raum zu, wobei es infolge der kurzen Wege durch die Rohrbündel nur wenig Reibung zu überwinden hat. Von hier strömt die Luft zuerst abwärts, darauf durch einen Luftkühler aufwärts, tritt durch Öffnungen an der Unterseite in das Sammelrohr und wird aus diesem mittels eines Gebläses abgesaugt. Das Kondensat sammelt sich unten im Kondensator. Messungen ergaben, daß bei 1150 l/s umlaufender Wassermenge von den Rohren rd. 4000 kcal/m²h °C an das Kühlwasser übertragen wurden. („Engineering“ 5. Oktober 1928 S. 419*) [N 2133 b] Le.

Aufladegebläse für einen Schiffsdieselmotor

Der einfachwirkende Achtzylinder-Viertaktmotor, Bauart North Eastern-Werkspoor, des 8000 t-Motorfrachtschiffes „Raby Castle“ ist jetzt mit einem Aufladegebläse, Bauart Büchi-Brown Boveri, ausgerüstet worden. Der Motor hat 730 mm Zyl.-Dmr. und 1300 mm Hub und leistete vor dem Umbau 3000 PS_i bei 92 U/min. Der Beladungszustand bei den jetzt vorgenommenen Meilenfahrten ist dem der früheren Fahrten möglichst angepaßt worden. In Zahlentafel 1 sind die Meßergebnisse verglichen.

Zahlentafel 1
Ergebnisse der Meilenfahrten vor und nach dem Umbau

		Tag der Fahrt		
		7. April 1925	26. Sept. 1928	26. Sept. 1928
Tiefgang	m	3,99	4,19	4,19
Verdrängung	t	5685	5989	5989
Motordrehzahl	U/min	92,5	86,24	96,9
Höchstdruck	at	40,8	38,1	40,2
Druck im Auspuffrohr	„	—	1,136	1,261
„ „ Ansaugerohr	„	—	1,141	1,316
Geschwindigkeit	Kn	11,9	11,93	13,33
Auspufftemperatur	°C	308[1])	272[2])	382[2])
Einblaseluftdruck	at	70,3	63,3	66,8
Seewasser-Temperatur	°C	—	13,9	13,9
Zylinderkühlwasser-Temp.	„	—	25	28,4
Kolbenkühlwasser-Temp.	„	—	29,5	35

[1]) mit wassergekühltem Auspuffrohr
[2]) mit ungekühltem Auspuffrohr

Bei der ersten Meilenfahrt sind die Kühlwassertemperaturen nicht gemessen worden. Sie wurden auf dem Prüfstand zu 29 ° für die Zylinder und 26,6 ° für den Kolben bei 2186 PS_e und 95 U/min bestimmt. Beim Betrieb mit Aufladung betrug die Leistung auf der Meilenfahrt 3069 PS_e bei 96 U/min. („Engineering“ 5. Oktober 1928 S. 425)
[N 2133 c] Ls.

Verkehrsdoppeldecker für alle Zwecke

Ein Flugzeug für 6 bis 8 Fluggäste, das man aber auch als Fracht- und, nach Austausch des Fahrgestells durch Schwimmer, als Seeflugzeug verwenden kann, hat die Firma De Havilland Aircraft Co. in dem Baumuster DH 61 Canberra erbaut. Bei dem zweistieligen Doppeldecker hat man als Werkstoff für Flächen und Rumpf Holz verwendet, da Flugzeuge ähnlicher Bauart im australischen Klima Flüge über 200 000 km ausgehalten haben. Das mit einem luftgekühlten Neunzylinder-Bristol-Jupitermotor, Bauart XI, von 500 PS Leistung ausgerüstete Flugzeug hat 15,2 m Spannweite und 12,2 m Länge. Hinter dem an sechs Punkten am Rumpf befestigten Motor liegt ein Frachtraum, dann folgt der Fluggastraum und der Führerraum, unter dem noch ein kleiner Frachtraum liegt. Bei rd. 3,2 t Gesamtgewicht hat das Flugzeug über dem Boden 210 km/h Geschwindigkeit und kann bis 1000 km ohne Unterbrechung zurücklegen. („The Automobile Engineer“ September 1928 S. 321)
[N 2133 d] Gw.

Mechanische Zerstörungen an Eisenbahn-Holzschwellen

Die mechanischen Zerstörungen infolge des Eindringens der Schienen oder Unterlagplatten in die Holzschwellen hat das amerikanische Laboratorium für Forsterzeugnisse an drei Arten von Verbindungen untersucht: 1. Befestigung der Schienen an den Schwellen mittels zweier Schrauben ohne Unterlagplatte, 2. auf Unterlagplatte; die zwei Schrauben für die Platte halten gleichzeitig die Schiene, 3. Unterlagplatte und Schienen sind unabhängig voneinander mit je zwei Nägeln bzw. Schrauben befestigt. In allen Fällen waren die Fasern zerrissen, gequetscht und verschoben oder verdreht. Die kleinsten Zerstörungen ergab die dritte Art der Befestigung.

Die französischen Ostbahnen haben gute Erfahrungen mit 4 mm dicken Unterlagplatten aus Holz von 240 mm Länge gemacht; die Schwellen liegen schon ein halbes Jahrhundert und zeigen keine nennenswerten Zerstörungen.

Die Größe der Zerstörung hängt außer von den Zuglasten und der Güte der Befestigung von der Anzahl der Stöße, der Beschaffenheit des Holzes, der Auflagefläche der Platte und dem Zustand der Gleise ab. Bearbeitung der Schwellen zwecks festen Sitzes, gebogene Platten, unabhängige Befestigung von Schiene und Unterlagplatte aus Holz werden also die besten Maßnahmen gegen mechanische Zerstörungen bilden. („Railway Age“ 12. September 1928 S. 531*) [N 2133 e] Ro.

Hängebrücke von 560 m Spannweite

Zwischen den Vereinigten Staaten und Kanada ist gegenwärtig eine Kabelhängebrücke über den Detroit-Fluß in Bau, bei der die Spannweite der Hauptöffnung die der Delawarebrücke[1]) noch um rd. 35 m übertrifft. Die beiden Tragkabel rechts und links der Fahrbahn bestehen aus je 7622 Drähten, für die man zum erstenmal vergüteten Stahl mit besonders hoher Festigkeit verwendet hat. Die Nebenöffnungen zu beiden Seiten der Hauptöffnungen stützen sich auf Fachwerkpfeiler. Die beiden Türme aus Kohlenstoffstahl sind rd. 110 m hoch und ähneln in ihrem Aufbau denen der Delawarebrücke.

Die an die Kabel angehängte Versteifungskonstruktion nimmt die Fahrbahn mit 14,3 m Breite und einen Fußweg mit 2,45 m Breite auf. Die Fahrbahnhöhe über M. H. W. beträgt in Flußmitte 47 m. Die Verankerung der Kabel im Flußbett zu beiden Seiten der Hauptöffnung machte besondere Schwierigkeiten. Man ließ an den Verankerungsstellen am rechten und linken Ufer je zwei große Betonkasten von 30 × 7,5 m² Grundfläche, die sich nach oben an der der Flußmitte zugewendeten Seite stufenförmig verjüngen, bis auf 30 m Tiefe in das ausgebaggerte Flußbett hinab. Auf die dem Ufer zugewandte Ecke, die ebenfalls stufenförmig abgesetzt ist, wurde dann der entsprechend abgestufte Ankerklotz aus Beton aufgesetzt, so daß die Seilspannungen als schräg nach unten gerichteter Druck von den Senkkasten aufgenommen werden. („Engineering News-Record“ 27. September 1928 S. 460*) [N 2133 f] Sd.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1401, Bd. 71 (1927) S. 145, 422, 857.

Versand von Kraftwagen in Amerika auf Flußdampfern

Seit dem Jahre 1925 versenden die Kraftwagenfabriken in Detroit die Kraftwagen vielfach bis zu den Überseehäfen oder bis zu den Knotenpunkten des Inlandsverkehrs auf großen Flußdampfern, und zwar bis nach Chikago (1014 km), Milwaukee (920 km), Kenosha (955 km), Toledo (86 km), Cleveland (173 km), Buffalo (420 km) und Erie (306 km).

Hauptsächlich verwendet man drei Arten Flußdampfer: die Kohlen- und Getreidefrachtdampfer können auf dem Spierendeck 150 bis 175 Kraftwagen, im Laderaum oft noch viel mehr unterbringen; die Stückgut- oder Ballendampfer verfrachten 30 bis 70 Wagen und die Kraftwagen-Frachtdampfer 500 bis 650 Wagen. Man beladet einen Kraftwagen-Frachtdampfer in 3 h, das Deck eines Kohlenfrachtdampfers in 1,5 bis 2 h. Die Wagen fahren mit eigener Kraft auf die Dampfer; sie werden nicht verankert, nur die Bremsen werden angezogen.

Die Fahrtdauer von Detroit nach Chikago beträgt 48 h, nach Duluth 66 h, nach Cleveland 36 h und nach New York 6 Tage. Die Fracht kostet für Personen- und Lastwagen bis zu 3,66 m Länge von Detroit nach Buffalo 33,6 *RM* mit einem Aufschlag von 2,1 *RM* für je 15 cm weitere Länge. Von Detroit nach Chikago beträgt die Fracht für Wagen unter 3,86 m 60,9 *RM* mit einem Aufschlag von 8,4 *RM* für je weitere 0,3 m. Unter den gleichen Bedingungen werden Wagen von Detroit nach Milwaukee zu einem Frachtsatz von 58,8 *RM* befördert. („The Iron Age" 20. September 1928 S. 689) [N 2133 g] Ste.

Dünger aus Abwässern

Drei Städte von Pasadena, Kalifornien, haben gemeinsam eine Anlage zur Verwertung ihrer Abwässer errichtet. Die Anlage kann täglich rd. 4200 m³ Abwässer verarbeiten. Die Sinkstoffe der Abwässer werden mit Alaun und Kieselgur durchsetzt und die daraus abgefilterten Faulstoffe in einem Drehrohr bis auf 5 vH Feuchtigkeit getrocknet. Dieser Trockner wird mit Gas beheizt, ist rd. 18,3 m lang, der Außenmantel hat 1778 mm und der Innenmantel 762 mm Dmr. Die zu trocknenden Faulstoffe durchwandern den sich mit 7,5 U/min drehenden Trockner in dem Raum zwischen dem inneren und äußeren Mantel, durch den auch die Heizgase, nachdem sie zuerst das innere Rohr bestrichen haben, abziehen.

Der Trockner liefert rd. 317 kg/h getrocknete Faulstoffe, die vermahlen, in Säcke abgefüllt und als Düngemittel verkauft werden. Dieser Dünger enthält u. a. 5 vH Stickstoff, 2,4 vH Phosphorsäure, 0,3 vH Pottasche und 65 vH organische Stoffe. Die dem Trockner entweichenden übelriechenden Abgase werden verbrannt. („Engineering News-Record" 27. September 1928 S. 469) [N 2133] Schr.

BÜCHERSCHAU

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 302. H.: **Versuche mit freiaufliegenden rechteckigen Platten unter Einzelkraftbelastung.** Von M. Bergsträsser. Berlin 1928, VDI-Verlag. 25 S. m. 55 Abb. Preis 4,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4 *RM*.

Belastungsversuche mit Platten kann man anstellen zur Ermittlung der elastischen Formänderung oder zur Ermittlung der Festigkeit. Als elastische Formänderung kann man feststellen: die Durchbiegung einer oder mehrerer Stellen der Platte (Form der elastischen Mittelfläche), die Neigung an einer oder mehreren Stellen, die Dehnung einer geeigneten Meßlänge auf der Plattenoberfläche. Bei Festigkeitsversuchen mit sprödem Werkstoff wird die Bruchlast ermittelt, bei zähem Werkstoff die Elastizitätsgrenze durch Be- und Entlasten.

Das Ziel von Elastizitätsmessungen kann sein: 1. die Nachprüfung der Grundlagen der mathematischen Theorie der Plattenbiegung; hierzu sind einfachste Plattenform mit einfachster Belastung und Spannungsverteilung zu wählen (dünne freiaufliegende Kreisplatte mit Einzellast in der Mitte oder in konzentrischem Kreis); weiterhin, sofern dieser Punkt geklärt ist: 2. die Ermittlung der bei der Plattenberechnung erforderlichen physikalischen Unveränderlichen E, G, $m = 1 : \nu$; 3. die Feststellung unbekannter Einspannungswirkung oder Stützung; 4. die Nachprüfung schwieriger theoretischer Ableitungen durch den Versuch. Aus der experimentell festgestellten elastischen Mittelfläche können mit Hilfe der Gleichungen der allgemeinen Plattentheorie Spannungen, Stützkräfte und -Momente angenähert berechnet werden.

Der Verfasser der vorliegenden Arbeit geht von einer Lösung Nádais für einen unendlich langen freiaufliegenden Plattenstreifen unter Einzellast aus, die die maßgebenden Größen explizit darzustellen gestattet. Durch Überlagern von Parallelstreifenlösungen erhält er die Lösung für eine freiaufliegende rechteckige Platte unter Einzelkraftbelastung in einem beliebigen Punkt. Zur Prüfung der Theorie wurden Glasplatten von 3 mm Dicke, $a = 25$ cm Breite und verschiedener Länge b untersucht; die Einzelkraft wurde mittels Laufgewichtwaage ausgeübt, die Durchbiegung mit Meßuhren gemessen und es wurden „Schichtlinienpläne" (Niveaulinien gleicher Durchbiegung) aufgenommen. Die Einrichtung gestattet, sehr genau zu arbeiten. Aus Biegeversuchen mit „Balken" ergab sich $E = 784\,000$ bis $762\,000$ kg/cm². In bemerkenswerter Weise wird eine Gleichung Lord Kelvins über die antiplastische Biegung einer quadratischen Platte nutzbar gemacht und $G = 305\,000$ bis $309\,000$ kg/cm² gefunden, woraus $1/m = 0{,}282$ bis $0{,}273$. Aus Torsionsversuchen an Stäben ergab sich $G = 300\,000$ bis $292\,000$; $1/m = 0{,}249$.

Bei den Plattenversuchen fand der Verfasser die beobachtete Durchbiegung bei einem Seitenverhältnis

$b : a$	4	3	2	1
um	7,5	8	11	26,5 vH

größer als die berechnete; die Rechnung ist also bei langgestreckten Platten genauer als bei quadratischen. Ein Vergleich mit der Navierschen Lösung wäre erwünscht gewesen. Der Einfluß des Abhebens der Ecken der Platte wurde verfolgt und die Kraft ermittelt, die das Abheben der Ecken verhindert. [E 1979] Enßlin

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. 306. H.: **Über die Spannungsverteilung in Stangenköpfen.** Von Josef Mathar. Berlin 1928, VDI-Verlag. 23 S. m. 57 Abb. Preis 3,75 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 3,40 *RM*.

Die Arbeit berichtet über umfangreiche Versuche über Spannungsverteilung in Augenstäben und Schubstangenköpfen. Die Gestaltung dieser Köpfe bereitet dem Konstrukteur insofern Schwierigkeiten, als die Meinungen über die Spannungsverteilung weit auseinandergehen. Es gibt eine ganze Anzahl von Formeln, die auf Grund theoretischer Betrachtungen entworfen sind, die aber untereinander stark abweichende Ergebnisse liefern. Infolge dieser Unsicherheit hat man bisher die zulässigen Spannungen für diese Maschinenteile sehr niedrig gewählt. Bei den vom Verfasser angestellten Versuchen zeigt sich nun, daß die berechneten Spannungen weit kleiner sind als die gemessenen, manchmal nur den vierten bis fünften Teil davon betragen. Für die verschiedensten Kopfformen sind die ermittelten Spannungen in Schaulinien aufgezeichnet. Bemerkenswert ist dabei der große Einfluß des Spieles, mit dem der Bolzen im Auge sitzt.

Für den Konstrukteur wäre es von großer Bedeutung, wenn die Feststellungen in übersichtlicher Form zusammengefaßt würden unter Fortlassung der nun nicht mehr erforderlichen unübersichtlichen Berechnungsformeln.
[E 2018] Dipl.-Ing. Ch. Bouché

Messung mechanischer Schwingungen. Von Hermann Steuding, unter Mitwirkung von Hugo Steuding. Herausgeg. im Auftrage des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure von Wilhelm Hort. Berlin 1928, VDI-Verlag. 492 S. m. 450 Abb. Preis 28 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 25,20 *RM*.

Das Schrifttum über die Messungen mechanischer Schwingungen ist in zahlreichen Einzel- und Sammelarbeiten in Zeitschriften, Forschungsheften, Büchern und Firmenkatalogen verstreut und nicht nur dem Fernstehenden, sondern auch den Forschern oft nur schwer erreichbar. Steuding hat die vom Verein deutscher Ingenieure gestellte Aufgabe, das Gebiet der mechanischen Schwingungsverfahren gründlich zu bearbeiten, in vorbildlicher Weise gelöst. Jeder, der auf dem Gebiete der Schwingungstechnik arbeitet, wird dieses flüssig und anregend geschriebene Werk begrüßen und den Bienenfleiß Steudings bewundern, der 1402 verschiedene Abhandlungen bearbeitet hat. Er führt vielfach die Forscher und Schriftsteller wörtlich an, um strenge Unparteilichkeit zu wahren. Er geht zunächst auf die Theorie der Schwingungsvorgänge ein und bringt der Reihe nach seismometrische Geräte, eine allgemeine Theorie der Apparate und Verfahren, die Kymographen und Chronographen, die Verfahren und Geräte aus der Physiologie und Biologie, die akustischen Verfahren, die Torsions- und Dehnungsmesser, die Messung wiederkehrender Vorgänge im allgemeinen Maschinenbau und die Indikatoren.

Dieses Werk gehört zu jenen Büchern, die in keiner technischen Bücherei fehlen dürfen und die jeder haben soll, der die Fühlung mit der Schwingungstechnik nicht verlieren will. [E 2030] Dr.-Ing. Richard Berger

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik, 27. Bd.: **Neuzeitliche Flugmotoren.** Von Hans Katz. Berlin 1928, Rich. Carl Schmidt & Co. 389 S. m. 390 Abb. Preis 25 RM.

Bei den schnellen Fortschritten im Flugmotorenbau liegt die Gefahr baldigen Veraltens sehr nahe, und da dieses Schicksal die meisten Vorläufer des hier besprochenen Buches ereilt hat, so liegt für eine zeitgemäße Darstellung des Flugmotorenbaus immerhin ein Bedürfnis vor.

Der Verfasser bespricht den Gegenstand in acht Abschnitten, von denen der über die Anlasser als der wertvollste angesprochen werden kann. Die beiden ersten Abschnitte über wassergekühlte und luftgekühlte Flugmotoren bringen in Wort und Bild meist nur Auszüge aus Firmenschriften. Da die Zeichnungen (wahrscheinlich aus Preisrücksichten) unverändert übernommen wurden, so entbehrt das Bildliche der Einheitlichkeit, die man von einem solchen Buch erwarten muß. Auch in den weiteren Abschnitten, luftgekühlte Zylinder, Getriebe, Zünder und Vergaser, Brennstoffpumpen und Gebläse wird dem Fachmann kaum Neues geboten. Für ihn stellt das Buch eine begrüßenswerte Zusammenstellung sonst in den Fachzeitschriften weitverstreuter Einzelberichte dar. Studierenden, Flugzeugführern und Flugschülern wird das Buch manch wertvolle Aufklärung geben können. [E 1984] Dr.-Ing. F. Goßlau

Traité pratique de navigation aérienne. Von A. B. Duval und L. Hébrard. Paris 1928, Gauthier-Villars & Cie. 196 S. m. 123 Abb. Preis 30 Fr.

Das Buch beginnt mit den einfachsten Grundlagen, der Wahl und Bestimmung des Flugweges, den Möglichkeiten der Karten-Projektion, dem Einzeichnen eines gegebenen Punktes in die Karten usw. Das zweite Kapitel ist dem Magnet-Kompaß, seinen Eigenschaften, seiner Berichtigung und Verwendung gewidmet.

Anschließend werden in zwei Abschnitten die mittelbare und unmittelbare Ortsbestimmung — Schätzung auf Grund des zurückgelegten Weges und unmittelbare Beobachtung — erläutert, die dabei wirksamen Einflüsse, Seitenwind usw., und die verschiedenen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel besprochen. Das fünfte Kapitel — ungefähr ein Drittel des gesamten Buchumfanges — behandelt die wichtigsten der Ortung dienenden Bordgeräte und Rechenhilfsmittel, beginnend mit Kartenroller und Winkelmesser, Magnet- und Induktionskompaß usw., Staudruckmesser, Höhenmesser, Sextanten usw. Es schließt mit einem Beispiel für die Anordnung des Instrumentenbrettes.

Das Schlußkapitel gibt praktische Regeln für Vorbereitung und Durchführung eines Fluges; auf die Bedeutung der Meteorologie wird dabei — wenn auch etwas kurz — hingewiesen. Die Darstellung ist einfach, alles wird von Anfang an erklärt und möglichst leicht verständlich erläutert; Rechnungen werden, auch wenn es sich nur um die Umrechnung von Seemeilen in Kilometern handelt, vorgeführt, womit allerdings der eingehenden Behandlung Grenzen gesetzt sind. [E 1977] K. Rühl

Chemie und Technik der Gegenwart. 9. Bd.: **Technische Gase.** Ihre Herstellung und ihre Verwendung. Von Franz Muhlert und Kurt Drews. Leipzig 1928, S. Hirzel. 416 S. m. 196 Abb. Preis 24 RM.

Die dem vorliegenden Buch zu Grunde liegende Idee, eine zusammenfassende Übersicht über das Gebiet der technischen Gase zu geben, ist zu begrüßen.

Der Verfasser, der bei der Abfassung der Kapitel über verdichtete und verflüssigte Gase durch seinen Mitarbeiter unterstützt wurde, hat eine Fülle von Angaben zusammengetragen und durch Literaturquellennachweise belegt, so daß ein Studium der einzelnen Arbeitsverfahren an der Hand der Quellen möglich ist. Das Buch gliedert sich in: Die Gewinnung der Gase, die technischen Brenngase aus festen Brennstoffen, die technischen Brenngase aus flüssigen Brennstoffen, die weitere Behandlung der Gase, die Verwendung der technischen Brenngase, einen statistischen Teil, das Gas in der Brennstoffwirtschaft und Ferngasversorgung.

Das Buch wird seinem Zweck, eine Übersicht über die Industrie der technischen Gase zu geben, gerecht und wird gern für eine erste Orientierung auf diesem Arbeitsgebiete herangezogen werden, zumal es auch die neuere Literatur ausgiebig berücksichtigt und das geschriebene Wort durch eine große Zahl von teilweise recht guten Abbildungen und Kurventafeln unterstützt wird.

[E 1987] Dr.-Ing. Allner

Technische Fortschrittsberichte, 16. Bd.: **Schieß- und Sprengstoffe.** Von Ph. Naoum. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 199 S. m. 12 Abb. Preis 14 RM.

Der durch mehrere Schriften bekannte Verfasser hat seine Erfahrungen auf dem Gebiete des Sprengstoffwesens in einer Abhandlung niedergelegt, die in ihrer sachlichen und von jedem überflüssigen Beiwerk freien Darstellung eine bisher fühlbare Lücke ausfüllt.

Das handliche Buch behandelt nach einer Einleitung über die Theorie der Sprengstoffe und die Entwicklung des Schwarzpulvers bis auf die heutige Zeit die besonders interessierenden wichtigen Explosivsprengstoffe, wie Nitroglyzerin, Nitrozellulose und aromatischen Nitrokörper; letztere werden sehr ausführlich besprochen. Auch den Treibmitteln wird eine wenn auch nur kurze Beachtung geschenkt. Von den Sprengstoffen Dynamit, Ammonsalpeter-Sprengstoffe, Chlorat- und Perchlorat-Sprengstoffe werden die beiden ersteren ihrer Bedeutung wegen entsprechend ausführlicher behandelt und mit sehr wertvollen Angaben belegt. Das wichtige Gebiet der Wettersprengstoffe enthält wichtige Feststellungen, die bis in die neueste Zeit reichen. Auch dem Sprengluftverfahren wird eine sachliche Darstellung gewidmet, unterstützt von den Erfahrungen von Dr. phil. K. F. Meyer, der sich längere Zeit auf diesem Gebiete betätigt hat.

Zum Schluß wird das Zündmittelwesen, dessen Entwicklung durchaus noch nicht abgeschlossen ist, in seinen Einzelheiten gestreift; zum Teil sind hier sehr brauchbare Angaben gemacht.

Die klare Inhaltsübersicht gibt dem Bergingenieur, Gewerbebeamten und Chemiker einen Einblick in den behandelten Stoff; die reichen Literaturangaben ergänzen die übersichtlichen Darstellungen. Es kann dem Bergbau wie dem Steinbruchbesitzer nur empfohlen werden, diese grundlegenden Kenntnisse über Sprengstoffe mehr als bisher in die Kreise gelangen zu lassen, die es angeht. So dürfte auch mancher Unfall verhütet werden können, der aus mangelnder Kenntnis der Eigenart der verschiedenen Sprengstoffe, ihrer Handhabung und Zündung entspringt.

[E 1974] Dr.-Ing. E. h. Lisse

The Newcomen Society for the study of the history of Engineering and Technology. Transactions Volume VI 1925 bis 1926. London 1927, The Courier Press. 236 S. m. Abb. Preis 20 Sh.

Der vorliegende Jahresband bringt wieder interessante Beiträge zur Geschichte der Technik in England. Von einer Reise, die der junge Joshua Field 1821 durch die Midlands, das Hauptgebiet der englischen Eisenindustrie, machte, gibt sein Tagebuch einen durch viele Skizzen ergänzten Bericht. Ein anderer Aufsatz behandelt die Holzkohlenhochöfen dieses Distriktes, in dem wohl schon zur Zeit der Römer Eisen gewonnen wurde. Die Entstehungsgeschichte und den Niedergang des Kupferrubinglases sowie den Verlust der Rezepte schildert der nächste Bericht. Es folgt dann ein Aufsatz über die Erfindung des englischen Flintglases und ein Lebensbild von John George Bodmer, dessen Einfluß auf die Entwicklung der mechanischen Rostfeuerung besonders hervorgehoben wird.

Auch von dem bekannten Schiffsmaschinenbauer Matthew Murray wird aus Anlaß seines hundertjährigen Todestages ein Lebensbild gebracht. Die Schilderung einiger ungewöhnlicher amerikanischer Spinnereimaschinen, Berichte über die Erfinder- und Ingenieurfamilie Stevens und über die ostenglische Technologie, ein Beitrag zur industriellen Heimatkunde Ostenglands und ein Bericht über die Fremden in Norwich, ein Geschichtsblatt der alten Textilindustrie, schließen die Reihe der Aufsätze. Der letzte Teil des Buches bringt wieder eine Literaturschau, in der auch viele deutsche Bücher und Aufsätze angeführt sind.

[E 1972] Haßler

Jahresberichte der Gewerbeaufsichtsbeamten und Bergbehörden für das Jahr 1926. 1. bis 4. Bd. Berlin 1927, Reichsarbeitsministerium. Preis 15 RM. (Die Auflage 1926 ist vergriffen.)

Im Laufe des Jahres 1926 haben die Beamten der insgesamt 85 Gewerbeaufsichts- bzw. Regierungsbezirke des Deutschen Reichs weit über 300 000 Besichtigungen in mehr als 220 000 Betrieben vorgenommen, d. h. rd. 60 vH sämtlicher der Gewerbeaufsicht unterstehenden Betriebe besucht. Den Niederschlag dieser Haupttätigkeit der Gewerbeaufsichtsbeamten bilden die vorliegenden vier Bände Jahresberichte. In den Einzelberichten der preußischen Gewerbeaufsichts- und Bergbehörden wird den Ergebnissen von Sonderuntersuchungen erhöhte Beachtung geschenkt. Diese betreffen die Heranziehung von Arbeitern im Alter von 16 bis 18 Jahren zur Nachtarbeit, die Beschäftigung von schwangeren Arbeitnehmerinnen, Fortschritte im Schutze der Arbeiter gegen Unfall und Gesundheitsgefährdung in Gaswerken, und die Gewährung von bezahltem Urlaub an jugendliche Personen.

Für Preußen berichten im ersten Band einzeln die 35 Aufsichtsbezirke, die mit den Regierungsbezirken identisch sind, und die 5 Oberbergamtsbezirke. Im zweiten und dritten Band folgen die Berichte der andern deutschen Frei-

staaten; angenehm berühren hierbei die zusammenfassenden Einleitungen, die den Berichten der einzelnen Aufsichtsbezirke eines jeden Landes vorangestellt werden. Neben statistischen Aufstellungen über die Tätigkeit der Aufsichtsbeamten füllt den vierten Band ein mit großer Mühe aufgestelltes Schlagwortverzeichnis, das eine Bearbeitung des gesamten, ungeheuer vielseitigen Stoffes nach bestimmten Gesichtspunkten im Verein mit der sehr häufigen und geschickten Anwendung von Sperrdruck im Textteil erleichtert. [E 1854] St.

Festschrift zur Einweihung des Erweiterungsbaues der Technischen Hochschule Breslau am 21. Juni 1928. Herausgeg. von den Mitgliedern des Lehrkörpers der Technischen Hochschule Breslau. 129 S. m. 7 Abb. (Die Festschrift wird gegebenenfalls unentgeltlich abgegeben.)

Die Schrift enthält folgende Beiträge: „Aufgaben der deutschen technischen Hochschulen“, von Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Tafel; „Die bisherige Entwicklung der Technischen Hochschule Breslau“, von Prof. Dr.-Ing. Spackeler; Berichte über die Tätigkeit der Abteilungen und über die Wohlfahrteinrichtungen; „Grundlegende Gedanken zur Erziehung der Maschineningenieure“, von Prof. Dr.-Ing. J. Schenk; „Die Ausbildung der Bauingenieure“, von Prof. Dr.-Ing. Karl Berger; „Über die Verkürzung der Start- und Landestrecke eines Flugzeuges“, von Prof. Dr. W. Schmeidler; „Axonometrische Photogrammetrie“, von Priv.-Doz. Dr. E. Feyer; „Über den Einfluß der Kühlung bei spanabhebender Bearbeitung“, von Prof. K. Gottwein; „Über die Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften des Nickels von der Temperatur“, von Prof. Dr. F. Sauerwald: „Aus der Chemie des Fluors“, von Prof. Dr.-Ing. E. h. Otto Ruff: „Die Anwendung der Absorptionsspektralanalyse auf biologische Probleme“, von Priv.-Doz. Dr. R. Suhrmann. [E 1966]

Wirkungsweise elektrischer Maschinen. Von Milan Vidmar. Berlin 1928, Julius Springer. 223 S. m. 203 Abb. Preis 13,50 RM.

Auskunftsbuch über die vorschriftsmäßige Unterhaltung und Betriebsführung von Starkstromanlagen. Von G. Dettmar. Berlin 1928, Julius Springer. 273 S. m. 51 Abb. Preis 10,60 RM.

Druckschwankungen in Druckrohrleitungen. Von R. Löwy. Wien 1928, Julius Springer. 162 S. m. 45 Abb. u. 7 Taf. Preis 15 RM.

Handbuch der Kokerei. Herausgeg. von Wilh. Gluud. Bearb. von G. Schneider und Fachgenossen. 2. Bd. Halle a. S. 1928, Wilhelm Knapp. 301 S. m. 163 Abb. Preis 34,50 RM.

Der Ziegelofen. Handbuch für Ziegeleien. Mit einleitenden Abhandlungen über Brennstoffe, Verbrennung und Feuerungen. Von A. Nawrath. 5. Aufl. Bearb. von Otto Bock: Der Ziegelofen. Leipzig 1928, Carl Scholtze. 124 S. m. 85 Abb. Preis 7,50 RM.

Festigkeitslehre. Von George Fillmore Swain. Übers. von A. Mehmel. Berlin 1928, Julius Springer. 630 S. m. 463 Abb. Preis 34 RM.

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von R. O. Herzog. 4. Bd. 3. T.: **Chemische Technologie der Baumwolle.** Von R. Haller. — **Mechanische Hilfsmittel zur Veredlung der Baumwolltextilien.** Von H. Glafey. Berlin 1928, Julius Springer. 711 S. m. 266 Abb. Preis 67,50 RM.

Schweizerischer Verband für die Materialprüfungen der Technik. 6. Bericht. **Über die zerstörende Einwirkung schwefelhaltiger Verbrennungsgase auf Nickel. Über das Verhalten von technischem Aluminium bei Kaltbearbeitung und Wärmebehandlung.** Von O. Bachmann und W. Köster. Zürich 1927. 18 S. m. 26 Abb. Preis 2,50 Fr. 9. Bericht: **Über die Prüfung von Ölen und Schmiermitteln der Technik.** Unter Mitarbeit von P. Schläpfer, H. Stäger, I. P. Bohnenblust, A. V. Blom, A. Mosser. Zürich 1928. 32 S. m. Abb. Preis 4 Fr. Eidgenössische Materialprüfungsanstalt.

Handbuch der Holzkonservierung. Herausgeg von Friedrich Mahlke. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 434 S. m. 191 Abb. Preis 29 RM.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von W. Wien und F. Harms. Unter Mitarbeit von H. Lenz. 13. Bd. 2. T.: Physik der Glühelektroden. Von W. Schottky und H. Rothe. Herstellung der Glühelektroden. Von H. Simon. Technische Elektronenröhren und ihre Verwendung. Von H. Rothe. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft. 492 S. m. 179 Abb. Preis 46 RM.

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung. H. 12: **Fließarbeit.** Von C. Köttgen. Berlin 1928, Julius Springer. 39 S. m. 29 Abb. Preis 2,60 RM.

Feuerschutz in Häusern und Betrieben. Von Leopold Merz. Berlin 1928, Rich. Carl Schmidt & Co. 170 S. m. 109 Abb. Preis 7,50 RM.

Betriebswissenschaftliche Bücher. 8. Bd.: **Unfallverhütung.** Von Wilhelm Denker. Berlin 1928, Georg Stilke. 111 S. m. 22 Abb. Preis 4 RM.

Archiv der Fortschritte betriebswirtschaftlicher Forschung und Lehre. 4. Jg. 1927. Herausgeg. v. d. Redaktion der Zeitschrift für Handelswissenschaft und Handelspraxis. Stuttgart 1928, C. E. Poeschel. 250 S. Preis 18,50 RM.

Guttentagsche Sammlung Deutscher Reichsgesetze. 170. Bd.: **Luftrecht** einschl. **Luftverkehrsgesetz** und **Pariser Luftverkehrsabkommen.** Von Rudolf Busse. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 448 S. Preis 10 RM.

Feststellungen über das Verhalten von SIKA-Verputzen gegenüber der Einwirkung von Kondenswassern in Heißwasser-Behältern. Von M. Ros. Berlin 1928, Julius Springer. 3 S. Preis 0,50 RM.

Feststellungen über das Verhalten der SIKA-Dichtungen gegenüber der Einwirkung kalkarmer oder gipshaltiger Gebirgs-Wasser in den Tunneln der Gotthardlinie der Schweiz. Bundesbahnen. Von M. Ros. Berlin 1928, Julius Springer. 17 S. Preis 1,20 RM.

Meereskunde. 16. Bd. 4. H.: **Der Hindenburgdamm nach Sylt und die Landgewinnung an der schleswigschen Westküste.** Von R. Schmidt. Berlin 1928, E. S. Mittler & Sohn. 32 S. m. 22 Abb. Preis 1 RM.

Sammlung Göschen. 991. Bd.: **Die symbolische Behandlung der Wechselströme.** Von Gerhard Hauffe. Berlin und Leipzig 1928, W. de Gruyter & Co. 102 S. m. 40 Abb. Preis 1,50 RM.

Vest Pocket Edition of Patent and Trade Mark Requirements. Von B. Singer. 2. Aufl. Berlin 1928, Vertrieb durch Carl Heymanns Verlag. 116 S. Preis 8,40 RM.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 27. OKTOBER 1928 Nr. 43

Die Schmidt-Hochdrucklokomotive

Entwicklung und Bauart

Von Oberbaurat a. D. R. P. Wagner, Berlin

(Hierzu Tafel 9 und 10)

Schilderung und Würdigung des Arbeitsverfahrens der Hochdrucklokomotive. — Die wärmetechnischen Grundlagen, die zum Zweidruckverfahren, also Hochdruck- und Niederdruckkessel geführt haben. — Die Arbeitsweise des Dampfes im Hochdruckzylinder und in den Niederdruckzylindern. — Die Aufgabe des Niederdruckkessels. — Der Aufbau auf der Grundlage der wärmetechnischen und konstruktiven Bedingungen. — Die Hauptkonstruktionsteile: Hochdruckkessel, Niederdruckkessel, Überhitzer, Speisepumpen, Kesselausrüstung, Zylinder.

Ein mühevolles Werk hat vor sich, wer es unternimmt, von der im Fluß befindlichen neuesten technischen Entwicklung zu berichten. Die Pflicht, die technischen Zeitgenossen von wesentlichem zu unterrichten, mehr noch das eigene Lustgefühl am Entstehenden, sind Sporn; die Sorge, daß der als richtig erkannte Hauptgedanke durch Suchen und Irren in Nebendingen mehr Entwicklungszeit als gedacht erfordert und stets die Gefahr droht, daß ein solcher vorzeitiger Bericht Übergangsformen als etwas Endgültiges schildert: das sind die verzögernden Momente. Oft kommt es vor, daß Geschriebenes schon bei der Drucklegung überholt ist, Zeichnungen unrichtig sind, kaum daß sie zum Druckstock wurden; mögen daher diese Zeilen gewertet werden als ein reiner Zeitbericht über die Entstehung, die gegenwärtige Gestalt und das gegenwärtige Verhalten der Schmidt-Zweidrucklokomotive der Deutschen Reichsbahn.

Obwohl die Zweidrucklokomotive schon mehrfach in der Literatur[1]) erwähnt worden ist, erscheint es nicht überflüssig, das Arbeitsverfahren eingehend zu schildern, da ohne seine genaue Kenntnis eine kritische Würdigung der heutigen Lokomotive unmöglich ist.

Die wärmetechnischen Grundlagen

Dr. Wilhelm Schmidt, wohl der genialste Dampftechniker unsrer Zeit, hatte schon vor langer Zeit mit Versuchen zur Erzeugung und Verwertung hoher Dampfdrücke begonnen[2]); eine maßgebliche, ausführliche Schilderung der Schmidtschen Versuche würde wegen der ungewöhnlichen Sicherheit im Auffinden von Wegen und der seltenen Klarheit im Erkennen des Erreichten für die Geschichte der Technik von größtem Wert sein. Großzügig war die Erkenntnis, daß es nicht ausreichte, nur die fette und leichte Ausbeute im Wärmegewinn bis 40 at zu benutzen; ein Haltmachen hier wäre, wie wir heute schon übersehen können, eine Halbheit und ein Kleben an überlieferten Bauformen gewesen. Ein Überschreiten dieser Grenze bedeutete einen zwar schwächer steigenden, aber keinesfalls unerheblichen Wärmegewinn, erforderte aber einen schroffen Bruch mit bisherigen Kesselbauformen und schuf daher weit größere Schwierigkeiten als der erste Teil des Druckanstieges.

Die hohen Verdampftemperaturen unter hohen Drücken und die hierbei merkbar abnehmende Festigkeit der bis dahin bekannten Kesselbaustoffe gaben Schmidt die klare Erkenntnis, daß man den empfindlichsten Teilen solcher Kessel, besonders Trommeln und Sammelrohren, mit zusätzlicher Erwärmung durch unmittelbare Beheizung mittels Feuergasen fernbleiben müsse.

[1]) Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereins Bd. 79 (1927) S. 273 und Glasers Annalen. Jubiläumssonderheft 1927 S. 48.
[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 633 u. f.

Abb. 1
Schema der Verdampfanlage.
a, b, c Rohrschlangen
h Hochdruckkessel

Vielfache Versuche Schmidts und der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft an verschiedenen Hochdruckversuchsanlagen für Dampfdrücke von 60 bis 120 at in den Jahren seit 1910 in Aschersleben und Wernigerode a. Harz bestätigten die Richtigkeit der theoretischen Überlegungen und führten von 1921 an dazu, daß sich der Hochdruckdampf in steigendem Maß an ortfesten Dampfkraftanlagen durchsetzte. Schmidt sah gleich von Anfang an als vorzüglicher Kenner und treuer Freund der Dampflokomotive die Möglichkeit, ihr ebenfalls die Vorteile des Hochdruckes zuzuwenden, ohne den (von ungenügend Sachkundigen oft schon als unzulänglich abgetanen) Auspuffbetrieb mit seinen großen Vorteilen aufgeben zu müssen. Auspuffbetrieb aber bedeutet dauernde Rohwasserspeisung, mithin Abscheidung bedeutender Mengen Kesselsteins, der gerade im Hochdruckdampfbetriebe besonders schädlich werden kann.

Mittelbare Beheizung des Hochdruckkessels

Die Schmidtsche Heißdampf-Gesellschaft kam daher in Weiterführung der Schmidtschen Arbeiten zu einem Verfahren mittelbarer Beheizung eines Kessels genügender Speicherfähigkeit, bei dem das Temperaturgefälle zwischen der unmittelbar und der mittelbar beheizten Verdampfanlage von verschiedenen Drücken zur Übertragung von Wärme an den mittelbar beheizten Arbeitskessel benutzt wurde, Abb. 1. Rohrschlangen a, b, c, die eine bestimmte, während des Betriebes nicht veränderte Menge reinen Wassers enthalten (an sich wäre auch eine andre Flüssigkeit denkbar, doch ist das Wasser in diesem Falle kein unwirtschaftlicher Wärmeträger, da die Verdampfwärme nutzbar gemacht wird), werden beheizt, so daß sich ihr Wasserinhalt erwärmt und verdampft. In den beheizten Rohren a steigt dieser Dampf (bei heftiger Wallung wohl eine Mischung von Dampf und Wasser) auf. Das Steigrohr führt zur Heizschlange b, die im Wasserraum des vor äußerer Wärmeeinwirkung geschützten Hochdruckkessels h liegt. Das aufsteigende Gemisch gibt dort seine Wärme an den Wasserinhalt des Kessels ab und wird durch ein nicht beheiztes Fallrohr c dem tiefsten

Punkte der Heizanlage wieder zugeführt. Es liegt also ein

geschlossener Reinwasserkreislauf

für die Beheizung des Hochdruckkessels vor. Wärme wird in der Schlange *b* so lange an das Kesselwasser übertragen wie die Temperatur des Wassers in der Rohrschlange höher ist als die des Kesselwassers. Der Temperaturunterschied bestimmt sich aus der übertragenen Wärmemenge, der Wärmedurchgangszahl der Rohre und der Größe ihrer Oberfläche. Da nun Druck und Temperatur in festem Verhältnis zueinander stehen und miteinander ansteigen, entspricht der höheren Temperatur in den Heizrohren auch ein höherer Druck (Volumen konstant!), sobald der Dampfkessel unter Druck gesetzt, d. h. seine Wassertemperatur über den Siedepunkt hinausgehoben wird. Der Druck der Heizanlage stellt sich jeweils selbsttätig zum Kesseldruck ein; er steigt, wenn man die Rohrschlange *b* im Kessel verkleinert (steigender Wärmedruck), und steigt ebenso an, wenn die den beheizten Rohren *a* zugeführte Wärmemenge vergrößert wird (steigende Wärmemenge).

Dieses Übertragungsverfahren ist an sich nicht neu und schon mehrfach (z. B. zum Heizen von Kochkesseln mit feuergefährlichem Inhalt) angewendet worden; bei niedrigen Kesseldrücken würden zudem entweder große Übertragungsflächen oder große Druckgefälle erforderlich werden. Bei hohem Druck kommt hier die steigende Moleküllabilität des Wassers und Wasserdampfes zu Hilfe und erleichtert die Übertragung. Dazu kommt die bei den Versuchen gewonnene Erkenntnis, daß die Wärmedurchgangszahl bei hohem Heizdruck sehr von dem Wassergehalt des Heizdampfes abhängig ist. Der Wassergehalt wird daher in einem besonderen Zwischenbehälter aus dem Heizdampf vor seinem Eintritt in die Heizschlange ausgeschieden. Auf diese Weise erfordern auch geringe Druckunterschiede keine großen Kühlflächen mehr. Die

Hauptvorteile des Verfahrens

sind, daß sich die Heizrohre ohne Schwierigkeit auch für hohe Drücke und strahlende Wärme genügend betriebsicher ausbilden lassen, daß sie keinerlei Nachfüllung (außer bei Leckwerden), keiner Wartung und keiner Drucküberwachung bedürfen und ferner, daß jede höhere Temperatur als die des Heizwassers sowohl von den empfindlichen Wandungen der Kesseltrommel als auch von der beheizten Rohrfläche im Kessel ferngehalten wird. Die gefährliche Art der Kesselsteinablagerung im Kessel durch Festbrennen an feuerberührten Flächen wird also vermieden. Wenn auch die milde, feuerlose Beheizung ein Festbrennen von Kesselstein verhinderte, wie ein Versuchskessel in Wernigerode zeigte, wäre immerhin, selbst bei sorgfältig gereinigtem Speisewasser, die Ansammlung so großer Mengen in der kleinen Hochdruck-Kesseltrommel unerträglich. Wirksamem, allseitigem Abschlammen mußte die langgestreckte Form einer Hochdrucktrommel hinderlich sein und der Erfolg des ersten Versuches durfte nicht von einem auch nur teilweisen Mißerfolg an dieser Stelle gefährdet werden. Es war also erwünscht, wenigstens bei der ersten Versuchsausführung das Speisewasser unter Druck über die höchste Ausfälltemperatur (135 °) hinaus vorzuwärmen und den ausgefällten Kesselstein aus einem großen Absatzbehälter abzuschlammen. Dieser Vorwärmbehälter konnte zweckmäßig durch Abwärme der Hauptfeuerung beheizt werden.

Die Zweidrucklokomotive

Mittelbar beheizter Hochdruckkessel, mit Abgas beheizter Niederdruckkessel. Hochdruckdampf zweistufig, sein Abdampf bildet zusammen mit Niederdruck-Frischdampf die Füllung der Niederdruckzylinder.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich aus dem Betriebsverfahren. Ein wirklicher Hochdruck (60 at oder mehr) erfordert bei dem (als erwünscht vorausgesetzten) unmittelbaren Antrieb der Achsen mehrstufige Dampfdehnung. Sieht man von dem bei Auspuffbetrieb wenig wirtschaftlichen Turbinenbetrieb ab, dann wird bekanntermaßen die Zwischenüberhitzung schwierig wegen des Schmieröls aus den Hochdruckzylindern. An dieser Stelle wurde nun der zweite erfolgreiche Erfindungsgedanke in die Konstruktion des Lokomotivkessels hineingetragen und die Maschine zur Zweidrucklokomotive ausgebaut: ein mit Abgas beheizter Niederdruckkessel dient einmal der Reinigung des Speisewassers, daneben aber auch der Erzeugung von Niederdruckdampf, der hoch überhitzt dem etwa gesättigt aus den Hochdruckzylindern austretenden Abdampf beigemischt wird und ihn wieder auf ausreichende Temperatur bringt. Das Speisewasser wird vom Tender in üblicher Weise in den Niederdruckkessel, auf 95 bis 99 ° vorgewärmt, eingespeist und der größte Teil nach Ausfällung des Kesselsteins in den Hochdruckkessel weitergefördert. Das Hochdruckspeisewasser führt, wie die Versuche gezeigt haben und wie aus den vielen Versuchen der Reichsbahn zum Abscheiden des Kesselsteins zu schließen war, noch geringe Mengen unlöslichen feinverteilten Schlammes mit sich; dieser Schlamm setzt sich, ohne den Wärmedurchgang bisher meßbar zu beeinträchtigen, auf den Rohrschlangen *b* und gänzlich unschädlich innen auf den Trommelwänden ab und kann bei niedrigem Druck abgeschlammt werden.

Aufgabe des Niederdruckkessels

Der Niederdruckkessel spielt innerhalb des Arbeitsverfahrens eine nicht ganz durchsichtige Rolle: der Druck des aus dem Hochdruck- in die Niederdruckzylinder übertretenden Dampfes bestimmt sich allgemein bei gegebener Füllungsmenge aus dem Verhältnis der Zylinderinhalte; hier aber wird eine Dampfmenge beigemischt, die einem besonders beheizten Kessel entnommen ist. Dieser Dampf fließt nahezu widerstandlos in den Aufnehmer; im Kessel stellt sich mithin selbsttätig ein Druck dicht über dem Aufnehmerdruck ein, gleichgültig, welche Wärmemenge ihm zugeführt wird und welches die Spannung der Sicherheitsventile ist. Steigt der Anteil der Niederdruck-Dampferzeugung verhältnismäßig, so wird das bisherige Verhältnis der Zylinderinhalte gestört, der Aufnehmerdruck steigt und somit auch der Druck im Niederdruckkessel; wird durch eine gar nicht mit der Niederdruck-Dampferzeugung zusammenhängende gegenseitige Verschiebung der Füllungsverhältnisse von HDZ und NDZ der Aufnehmerdruck über die Sicherheitsventilspannung des Niederdruckkessels hinaufgetrieben, dann blasen die Sicherheitsventile nicht nur den ganzen frischerzeugten Niederdruckdampf, sondern auch den Aufnehmerüberdruck dazu ab. Die Bemessung der Zylinderinhalte und der Füllungen erfordert daher neben den rechnungsmäßig zugänglichen Überlegungen Berichtigungen nach der Erfahrung; diese müssen berücksichtigt werden, wenn man bei allen Fahrzuständen der Lokomotive den Niederdruckdampf möglichst wirtschaftlich, also einerseits möglichst nahe dem Betriebsdruck, anderseits niemals darüber erzeugen will.

Man sieht, daß der Niederdruckkessel, wenn auch geschickt in das Ganze eingefügt, manche Unbestimmtheit in das Arbeitsverfahren hineinträgt und daß sein Dampfanteil letzten Endes die Wirtschaftlichkeit des Zweidruckverfahrens eingrenzt. Die weitere Entwicklung wird also u. a. daraufhin abzielen, seinen Leistungsanteil möglichst herabzudrücken und ihn vielleicht ganz entbehrlich zu machen.

Die bauliche Gestaltung der Lokomotive

So viel vom Arbeitsverfahren, das es nun praktisch zu verwirklichen hieß. Alle Einzelanlagen mußten zum Lokomotivkessel zusammengefügt und dieser wieder der Lokomotive eingegliedert werden. Als Anfang 1925 die Schmidtsche Heißdampfgesellschaft zusammen mit der Lokomotivfabrik Henschel & Sohn in Kassel an die Reichsbahn mit dem Vorschlage herantraten, eine Lokomotive nach dem Zweidruckverfahren zu bauen, stand bezüglich der zulässigen Beanspruchungen der einzelnen Bauteile und damit bezüglich ihres Gewichtes vieles noch nicht fest; aus diesem Grunde und wegen des zweiten Überhitzers und der ebenfalls neu

hinzukommenden zwei Hochdruckspeisepumpen war ein Mehrgewicht gegenüber dem Kessel der Regelbauart zu erwarten. Es durfte daher keine der neuen Einheitslokomotiven für den ersten Versuch gebaut werden, da diese den Achsdruck von 20 t voll ausnutzten und die Stellen, an denen Gewichtersparnisse möglich waren, sich erst aus den Erfahrungen mit der Versuchslokomotive ergeben mußte. So wurde der

Umbau einer 2 C-Dreizylinder-Schnellzuglokomotive

der ehemals preußischen Bauartreihe 17^2 beschlossen, weil so die Versuchskosten in mäßigen Grenzen blieben und es angängig schien, das bisherige Reibungsgewicht der Lokomotive von $16{,}8 + 17{,}5 + 16{,}6 = 50{,}9$ t auf 3 mal 20 = 60 t zu erhöhen. Die übrigen Abmessungen der Lokomotive ließen das zu, und die Kesselleistung ließ sich gleichzeitig von rd. 1700 PS_i auf 2000 steigern; die Drillingsbauart erlaubte, unter Beibehaltung des Triebwerkes, Laufwerkes und beider Außenzylinder den Innenzylinder durch einen Hochdruckzylinder zu ersetzen.

Ohne längeres Tasten und Versuchen entstand so der völlig durchgearbeitete Entwurf, Abb. 2 bis 6, Tafel 9, und nach ihm die umzubauende Lokomotive. Der Umbau war im Spätsommer 1925 beendet, so daß die Maschine als erste Hochdrucklokomotive der Welt auf der Münchener Verkehrsausstellung wenigstens während des letzten Ausstellungsmonats zur Schau gestellt werden konnte; nach ihrer Rückkehr begannen die Werkstattfahrten und die ersten Stand- und Fahrtmeßversuche. Bei ihnen zeigten sich manche Anfangsmängel, deren Erkenntnis und Behebung viel Zeit verschlang; Ende 1926 konnte dann die Maschine dem Lokomotiv-Versuchsamt in Grunewald übergeben werden.

Hauptkonstruktionszahlen:

Zylinder	
Hochdruckzyl.-Dmr.	290 mm
Niederdruckzyl.-Dmr.	2 × 500 „
Kolbenhub	630 „
Hochdruckzyl.-Hubvolumen	37,17 dm³
Niederdruckzyl.-Hubvolumen	2 × 120,8 „
Hochdruck, schädlicher Raum, vorn	11,20 vH
Hochdruck, schädlicher Raum, hinten	11,20 „
Niederdruck, schädlicher Raum, vorn	10,99 „
Niederdruck, schädlicher Raum, hinten	10,30 „
Hubvolumenverhältnis	1 : 6,5
Treibrad-Dmr.	1980 mm
Laufrad-Dmr.	1000 „
Fester Achsstand	4700 „
Gesamtachsstand	9150 „
Höchstgeschwindigkeit	110 km/h
Hochdruckkessel	
Kesselüberdruck	60 at
Heizfläche der Wasserrohre, feuerberührt	20,23 m²
Wasserrohr-Dmr.	42/51 mm
Heizfläche der Verdampfer im Hochdruckbehälter (Außenfläche)	39,6 m²
Rohr-Dmr. der Verdampferschlangen im Hochdruckbehälter	32/38 mm
Länge des Hochdruckbehälters	5161 „
Innerer Dmr. des Hochdruckbehälters	914 „
Wasserinhalt beim niedrigsten Wasserstand	1,76 m³
Verdampfungsoberfläche	2,64 m²
Höhe des niedrigsten Wasserstandes über Behältermitte	100 mm
Heizfläche des Hochdrucküberhitzers	40 m²
Zahl der Hochdruck-Überhitzerelemente	30
Niederdruckkessel	
Kesselüberdruck	14 at
Kessel-Dmr.	1600 mm
Länge zwischen den Rohrwänden	4200 „
Zahl der Rauchrohre	116
Rauchrohr-Dmr.	76,5/83 mm
Heizfläche, feuerberührt	117,6 m²
Wasserinhalt beim niedrigsten Wasserstand	3,6 m³
Heizfläche des Niederdrucküberhitzers	39,6 m²
Dmr. der Überhitzerrohre	18/24 mm
Zahl der Überhitzerelemente	56
Rost	
Länge	2760 mm
Breite	895 „
Fläche	2,47 m²
Heizfläche des Abdampfvorwärmers	13,6 „
Länge der Lokomotive mit Tender zwischen den Puffern	21 200 mm
Reibungsgewicht der Lokomotive	60 190 kg
Leergewicht der Lokomotive	85 620 „
Dienstgewicht der Lokomotive	92 080 „
Tender	
Raddurchmesser	1 000 mm
Drehgestellradstand	1 800 „
Gesamtradstand	5 600 „
Wasservorrat	31,5 m³
Kohlenvorrat	7 000 kg
Leergewicht	28 120 „
Dienstgewicht	66 620 „

Abb. 7
Schema der Feuerungs- und Kesselanlage.

a Steigrohr
b Verbindungsrohr
b_1 Fallrohr
c unterer Sammelbehälter
d oberer „
e Anschlußrohr zu den Heizschlangen
f Heizschlange
h Hochdruckbehälter
r Rost

Der Hochdruckkessel

Aus der schematischen Darstellung, Abb. 7, ist zu ersehen, wie zweckmäßig sich das Zweidruckverfahren der Gestaltung eines Lokomotivkessels mit seinem Hauptvorzuge, der großen Abgabe der Strahlwärme, anpaßt. Der eigentliche Hochdruckkessel *h* mit den Übertragungselementen *f* liegt, gegen unmittelbare Wärmezufuhr so gut wie möglich geschützt, über der Feuerbüchse in der Längsmitte der Lokomotive. Die Steig- oder Verdampfrohre *a* bilden die senkrechten Wände der Feuerbüchse und, indem sie abwechselnd in die anliegende und die gegenüberliegende Ausgleichtrommel führen, die Feuerbüchsdecke, so daß die Hochdrucktrommel vor Bestrahlung geschützt ist und ein Traggerüst für wagrechte Abdeckplatten aus feuerfestem Baustoff entsteht. Die Heizelemente entspringen unten in Sammelkammern *c*, die unterhalb der Rostebene, also kalt liegen. Die Steigrohre bilden praktisch dichte Wände und münden oben in Ausgleichbehältern *d* auf beiden Langseiten des Hochdruckkessels. Aus dem Scheitel dieser Ausgleichbehälter führen dann, weit geringer an Zahl, Rohre *e* zum oberen Ende der Heizschlangen *f*, die abwechselnd links und rechts in den Kessel ein- und ebenso unten aus ihm herausgeführt sind.

Die allmähliche Wärmezunahme in den Steigrohren und die Wärmeabnahme in den Heizschlangen unterstützen also durch die Art ihrer Schaltung einen schnellen Umlauf.

Die Ablaufrohre aus den Heizschlangen führen das Kondensat durch kalt liegende Fallrohre b_1 den unteren Sammelkammern zu; ebenso verbinden kaltliegende Fallrohre *b* die oberen Ausgleichbehälter mit den unteren Sammelkammern, um bei heftigem Auftrieb

Abb. 8 und 9. Hochdruckkessel.

a bis *f* s. Abb. 7
g Anschluß für das Kesselspeiseventil
h Dampfentnahme
i Entschlammung
k Kesseltraggerüst
l seitliche Führung des Stehkessels

eine Stauung oben und ein Leersaugen unten zu verhüten. Bei der ersten Ausführung der Lokomotive waren die Sammel- und Ausgleichkammern jeder Langseite der Länge nach in sechs Einzelkammern unterteilt. Im Anfang erschien es noch ein allzu großes Wagnis, ohne genaue Kenntnis der Güte des Wasserumlaufs in den Heizschlangen deren Inhalt so groß zu machen, daß das Bersten eines Steigrohres ernste Folgen hätte haben können. Nach Schilderung der ersten Versuchsreihen wird gezeigt werden, wie unnötig diese Besorgnis war und wie sich aus der Unterteilung andere nicht vorhergesehene Nachteile ergaben, so daß sie später beseitigt wurde.

Gesamtbild des Hochdruckteiles, Abb. 8 und 9

Die unteren Sammelkammern *c* von 130 mm l. W. bilden einen festen, den Rost umschließenden Bodenring; sie sind aus Stahlblöcken ausgebohrt. Die Steigrohre von 42/51 mm Dmr. aus Flußstahl sind unten eingewalzt; um Rohr an Rohr zu einer Wand aneinander fügen zu können, und, um zwischen den Bohrungen noch genügende Wandstärke zu erhalten, unten eingezogen. Gegenüber den Einwalzstellen sind Öffnungen zum Einführen der Rohrwalze vorgesehen; in diese Öffnungen werden kuppelartig nach dem Kammerinnern zu geschlossene Hohlbolzen von außen eingewalzt.

Die Steigrohre einer Stehkesselseite führen abwechselnd in die senkrecht darüber und die dieser gegenüberliegende Oberkammer. Diese oberen Kammern *d* sind geräumiger als die unteren; sie haben 280 mm l. W. und enthalten den Wasserspiegel. Sie bestehen ebenfalls aus geschmiedeten und gebohrten Stahlblöcken und wurden zuerst ebenso der Länge nach unterteilt wie die Unterkammern und aus einzelnen Teilen zusammengesetzt. Nach dem Umbau des Hochdruckkessels sind diese auch als Dampfsammler bezeichneten Kammern je aus einem Stück hergestellt worden.

Bei Inbetriebnahme wird die ganze Heizdampfanlage mit destilliertem oder jedenfalls völlig kesselsteinfreiem Wasser über einen verschließbaren Abschluß an einem Steigrohr der Sammelkammern aufgefüllt. Um unter Umständen Wasserverluste im Wasserrohrkessel auch unter Druck, also im Betriebe auszugleichen, kann mittels der vorderen Hochdruckspeisepumpe durch eine Rohrverbindung mit einem zwischengeschalteten, von Hand zu betätigenden Ventil aus der Speiseleitung des Hochdruckkessels Wasser nachgefüllt werden. Um den Wasserstand jeder der oben erwähnten Abteilungen wenigstens in kaltem Zustande nachprüfen zu können, ist an den Ausgleichkammern je ein Wasserstandanzeiger angebracht, davon der linksseitige für großen Meßbereich. Außerdem führte wenigstens bei der Versuchslokomotive von jeder Kammer eine Leitung zu einem auf dem Führerstande untergebrachten Druckmesser. Der Vergleich der Drücke in den verschiedenen Abteilungen hat bei den Versuchen überraschende Aufschlüsse gebracht, die in ihrer allgemeinen Bedeutung weit über die zufällig vorliegende Lokomotivbauart hinausgehen und wertvolle Erkenntnis über den Einfluß der Rostform auf die Belastung der Feuerbüchsheizfläche geliefert haben.

Abb. 10
Schnitt durch einen oberen Sammelbehälter.

Abb. 9
Schnitt A — B.

Einen Querschnitt durch eine Ausgleichkammer zeigt Abb. 10. Aus ihr ist auch deutlich das Einwalzen der Rohre durch die Kammer hindurch und der Verschluß der Öffnungen mittels Rohrstopfen zu ersehen.

Baustoff und Ausführung des Hochdruckkessels

Der eigentliche Hochdruckkessel ist eine von Krupp hergestellte, über dem Dorn ausgeschmiedete und an den Enden eingestauchte Trommel aus Nickelstahl (3 vH Nickel) von 914 mm l. W. und 30 mm Wanddicke. Eine kleinere Verschlußöffnung vorn war aus Herstellungsgründen unvermeidlich, im Betriebe wird sie selten geöffnet werden. Das eigentliche Mannloch liegt in der hinteren Stirnwand und füllt sie größtenteils aus. Die Trommel ist innen ausgedreht; außen wurde der zylindrische Teil längs behobelt, um durchlaufende Leisten als Verstärkung für Durchbohrungen der Kesselwand zu erhalten. Innerhalb dieser Leisten treten die Anschlußenden der innerhalb der Trommel liegenden Schlangen durch die Wand; alle Rohrverbindungen der Heizschlangen liegen außerhalb der Trommel, so daß ein Leckwerden dieser Stellen nicht unbemerkt bleiben kann.

Auf die

Abstützung des Hochdruckkessels

auf dem Lokomotivrahmen mußte mit Rücksicht auf sein großes Gewicht und seine hohe Schwerpunktlage besondere Sorgfalt verwendet werden. Der Rohrstehkessel der Feuerbüchse ist zum mindesten gegen Biegungsspannungen beim Durchfahren von Krümmungen ungenügend steif, die Einwalzstellen sind empfindlich. Um ihn gänzlich zu entlasten, wurden der Hochdruckkessel und die mit ihm starr verbundenen Oberkammern unter Vermittlung einer Anzahl starker Winkeleisen-Traggerüste k, vergl. Abb. 8 und 9, beiderseits auf dem Lokomotivrahmen so abgestützt, daß der Kessel als Ganzes wie bei andern Lokomotiven der Wärmeausdehnung folgen kann. Die Stehkesselrückwand ist ebenfalls als kräftige gut versteifte Blechwand zur Vergrößerung der Seitensteifheit ausgeführt und bildet so zusammen mit einer um das seitliche Traggerüst herumgelegten Blechverkleidung den für Wasserrohr-Feuerbüchsen so wichtigen, luftdichten Abschluß. Innerhalb des Traggerüstes nun hängen die Unterkammern (Bodenring) mit den Steig- und Fallrohren frei und sind nur seitlich gegen Ausschwingen geführt.

Der Niederdruckkessel

Verbindung von Hoch- und Niederdruckkessel

Da es das Ziel der Konstruktion sein mußte, auf jeden Fall auch hier die bewährte starre Bauart des Lokomotivkessels als Ganzes zu erreichen, war der Anschluß des vorderen Trommelendes an den Niederdruckkessel besonders wichtig. Die Trommel liegt daher auf mehr als einem Meter Länge über dem Niederdruckkessel, Abb. 11 bis 13, der einem gewöhnlichen Walzenkessel ähnelt, und ist mit ihm seitlich durch lange kräftige Längslaschen verbunden. Auf diese Länge wurde der Niederdruckkessel durch eine halbkugelig auslaufende Einpolsterung oberhalb der Wasserlinie dem Umriß der Hochdrucktrommel angepaßt. Die Einpolsterung wieder wurde gegen Austreiben durch eine Reihe senkrechter Queranker in der Kessellängsmitte und gegen unzulässiges Atmen der dem Druck entgegengekrümmten Flächen durch Sichelanker versteift.

Abb. 11 bis 13
Niederdruckkessel.

a senkrechte Queranker
b wagerechte „
c Sichelbleche
d Verstärkungsbogen und Leisten
e Dampfdom
f Speisedom
g Nische für Vorwärmer
h Nische für Pumpe

Der Leistungsanteil des Niederdruckkessels als Voraussetzung für seine Bauart und Anordnung

Ehe nun die Einzelheiten des Niederdruckkessels beschrieben werden, muß hier noch einiges über seinen Leistungsanteil eingeschaltet werden, da sich hieraus die Bauart und Anordnung ergibt. Es ist ohne weiteres ersichtlich und oben schon gestreift worden, daß die Wirt-

e Dampfeintritt
a Dampfaustritt
k_a Heißdampf-Sammelkammer
k_e Naßdampf-Sammelkammer
s Sammelstutzen

Abb. 14 bis 16
Hochdruck-Überhitzer.

schaftlichkeit des Zweidruckverfahrens steigt mit Vergrößerung des Hochdruck-Dampfanteils und vor allem des Anteils seiner Abdampfmenge an der Füllung der Niederdruckzylinder und anderseits sinkt, wenn der reine Niederdruckanteil, d. h. der Anteil des bei niedrigem Druck erzeugten Dampfes, groß ist. Daher mußte alles getan werden, um die Hochdruckheizfläche auf Kosten der Niederdruckheizfläche zu vergrößern; dieses Bestreben fand bei der hier beschriebenen ersten Hochdrucklokomotive eine Grenze nur in der Erwägung, daß sich bei zweistufiger Dampfdehnung der Hochdruckdampf in der ersten Stufe etwa bis zum Sättigungspunkt ausdehnen sollte und daß die Überhitzungstemperatur des Zusatzdampfes aus dem Niederdruckkessel durch die Festigkeit des Überhitzerbaustoffes begrenzt war. Somit wurde bei feststehender Höchsttemperatur des Niederdruckdampfes seine Menge maßgebend für die Eintrittstemperatur des Mischdampfes in die zweite Dehnungsstufe.

Um in dieser Beziehung recht sicher zu gehen, wurde danach gestrebt, die Leistungsverteilung bei den bisher üblichen Lokomotivkesseln, wo von der Feuerbüchsheizfläche etwa 40 vH, vom Rundkessel einschließlich Überhitzer etwa 60 vH der Gesamtwärme aufgenommen wird, so zu verschieben, daß in der Feuerbüchse, d. h. im Hochdruckteil, etwa 60 vH der auf dem Rost erzeugten Wärme aufgenommen werden und für den Rundkessel, d. h. den Niederdruckkessel einschließlich beider Überhitzer, etwa 40 vH übrig bleiben.

Um das baulich zu erreichen, wurden einerseits die Heiz- und Rauchrohre des Niederdruckkessels kurz gehalten, anderseits wurde die Feuerbüchse durch eine aus Heizrohren gebildete Verbrennungskammer verlängert. Diese schlank angesetzte Kammer bildet für den Hochdruckteil eine, wenn auch nicht mehr sehr hochwertige, so doch im Verhältnis zu ihrem Gewicht noch wohl vertretbare Heizfläche.

Es war also bestimmt damit zu rechnen, daß die Eintrittstemperatur der Verbrennungsgase in die Rohre nicht wie sonst üblich bei 1000 °, sondern erheblich niedriger, etwa bei 800 °, liegen würde. Die Schmidtsche Heißdampfgesellschaft versuchte nun, um gute Überhitzung zu erzielen, dem dadurch Rechnung zu tragen, daß sie sowohl für den Hochdruck- wie für den Niederdrucküberhitzer die Bauart als Kleinrohrüberhitzer vorschlug; die Reichsbahn beschied sich damit, um den Trägern des Grundgedankens nicht die Bewegungsfreiheit zu beengen. Die Versuche zeigten später, daß weder die Erwartungen der Heißdampfgesellschaft noch die Befürchtungen der Reichsbahn voll eingetroffen waren; die Überhitzung ist nicht so hoch, wie es wünschenswert wäre, anderseits aber gestaltete sich eben wegen der Kürze des Kessels der Rauchkammerunterdruck und damit der Blasrohrdruck nicht so ungünstig wie befürchtet. Seit dem Entwurf dieser Lokomotive hat die Erkenntnis der Einflüsse der Zugwirkung im Lokomotivkessel auf seine Leistung einige Fortschritte gemacht, so daß es keine Mühe machen wird, einem Heizrohrkessel jeder Länge und Heizflächenbelastung eine für ihn passende Überhitzerbauart zu geben.

Bauliche Einzelheiten des Niederdruckkessel, s. Abb. 11 bis 13.

Die Länge des Niederdruckkessels zwischen den Rohrwänden beträgt 4200 mm; vorn ist, abgesehen von der Rohrteilung, die frühere mit einem Winkelring an den Rundkessel angeschlossene Rohrwand geblieben. Die hintere Rohrwand konnte, da ja die ganze Feuerbüchse von der Hochdruckrohrreihe gebildet wird, sehr einfach als Flachwand ohne Verlängerung nach unten ausgeführt werden. Sie ist nach dem Kessel zu gekümpelt und steckt im letzten Schuß. Oben ist sie der Delle (Einpolsterung) im Niederdruckkessel entsprechend, mit rd. 530 mm Halbmesser eingezogen. Die Länge dieser Delle einschließlich ihres halbkugeligen, gegen Innendruck versteiften Auslaufes beträgt rd. 1540 mm und erstreckt sich somit fast über die ganze Länge des hinteren Schusses. Aus Abb. 11 bis 13 ist auch die schon oben erwähnte Versteifung der Delle durch eine Reihe senkrechter Längsanker *a* und oben durch Queranker *b* und Sichelbleche *c* zu ersehen. Die Sichelbleche mußten leider mehr als erwünscht durchbrochen werden, um den in dieser Kesselzone hauptsächlich erzeugten Niederdruckdampf abzuführen. Die Übergangsbogen zwischen Kesselrundung und Delle sind außen durch kräftige geschmiedete Auflagen *d* verstärkt. Diese Auflagen haben oben 900 mm lange wagerechte Leisten zur Auflagerung und Verschraubung der Hochdrucktrommel.

Der vordere Kesselschuß, s. a. Tafel 9, trägt den Dampfdom *e* der früher üblichen Ausführung und enthält einen Niederdruckregler der bei der Reichsbahn allgemein verwendeten Bauart Schmidt und Wagner. Vor dem Entnahmedom sitzt noch ein Speisedom *f* mit Winkelrost-Schlammabscheider der Bauart Reichsbahn auf demselben Kesselschuß und unten am Kesselbauch ein Schlammsack mit Abschlammschieber. Die Wirkungsweise dieser recht befriedigend arbeitenden Abschlammvorrichtung ist aus der Literatur bekannt[3]).

Die Rauchkammer ist unverändert geblieben, nur hat sie vorn seitlich tiefe Nischen zur Aufnahme des Vorwär-

[3]) Vergl. Fuchs und Wagner, Die 2 C 1-Einheits-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn, Z. Bd. 70 (1926) S. 1725.

Abb. 20 bis 22
Niederdruck-Überhitzer.

n Naßdampfkammer
h Heißdampfkammer

Rohrgruppe immer vier übereinanderliegende Rauchrohre besetzt; die Enden der vier Rohre werden wieder im Sammelstutzen der Heißdampfseite zusammengefaßt. Diese Anordnung ist richtig gewählt, wenn man das verhältnismäßig große Volumen des Niederdruckdampfes bei 15 at Überdruck berücksichtigt und die sonst üblichen Dampfquerschnitte und Dampfgeschwindigkeiten zugrunde legt. Nun hat aber der Niederdruckkessel eine sehr kleine Wasseroberfläche und erzeugt infolgedessen recht nassen Dampf, zumal bei der Einspritzung des Speisewassers in den Dampfraum. Somit wird ein nicht unwesentlicher Teil des Dampfweges im Niederdrucküberhitzer zum Nachverdampfen in Anspruch genommen und die erreichte Überhitzungstemperatur ist noch nicht recht befriedigend.

Es ist zu vermuten, daß es unter den hier vorliegenden eigenartigen Verhältnissen empfehlenswerter gewesen wäre, die Zahl der parallel geschalteten Dampfwege und damit den Dampfquerschnitt auf die Hälfte zu verringern und dafür jede Rohrschlange zweimal hintereinander in je ein Rauchrohr eintauchen zu lassen. Es wäre ein höherer Druckabfall im Überhitzer zu erwarten gewesen, der allerdings auf die Gesamtwirtschaft von geringem Einfluß wäre; anderseits wäre die Dampfgeschwindigkeit und damit die Aufnahmefähigkeit für Wärme erheblich vergrößert worden.

mers *g* und der Pumpen *h* erhalten. Der Rundkessel hat 116 Rohre von 76,5/83 mm Dmr. erhalten; alle sind mit Überhitzerelementen besetzt, und zwar die unteren 60 mit Hochdruckelementen und die oberen 56 mit Niederdruckelementen.

Die Überhitzer

Der Hochdrucküberhitzer, Abb. 14 bis 16 und Abb. 17 bis 19, hat eine Einström- und eine Ausström-Sammelkammer k_e und k_a aus Stahlguß, die sich der Rauchkammerrundung anfügen. Der Dampf tritt vom Regler bei *e* ein und bei *a* zum Hochdruckzylinder aus. An die Kammerwände werden vorn die beim Kleinrohrüberhitzer üblichen hohlgebohrten Sammelstutzen *s* wagerecht mit steiler Linsenabdichtung angepreßt; die Überhitzerverteilrohre gehen von den Stutzen wagerecht zum Sammelstutzen der andern Kammer hinüber. Jedes Element taucht zweimal in wagerecht nebeneinander liegende Rohre ein; entsprechend der Zahl der verfügbaren Rohre ist der oberste der sechs Sammelstutzen mit sieben, der unterste nur mit zwei Elementen besetzt. Die Umkehrenden sind, da die Eintrittstemperatur der Rauchgase niedrig ist, nur etwa 200 mm von der Feuerbüchsrohrwand entfernt.

Der Niederdrucküberhitzer, Abb. 20 bis 22, erhielt oben liegende Sammelkammern üblicher Art aus Gußeisen, und zwar wurde die Naßdampf- und die Heißdampfkammer *n* und *h* in zwei getrennten Gußstücken untergebracht. Dementsprechend sind die Rohre in der Rauchkammer im wesentlichen senkrecht geführt. Von jedem der 14 Sammelstutzen, die ebenso wie beim Hochdrucküberhitzer vorn an die Naßdampfkammer angepreßt sind, laufen vier Rohre nach unten; jedes taucht nur einmal in ein Rauchrohr ein, so daß eine zusammengeschweißte

Abb. 17 bis 19
Abstützung der Überhitzerrohre.

Abb. 23. Wirbelmischdüse.

Die Mischdüsen

Von der Heißdampfsammelkammer führen dann zwei Einströmrohre rechts und links vom Schornstein abwärts; sie münden aber nicht unmittelbar in die Niederdruckzylinder, sondern in die seitlich in der Rauchkammer sitzenden Wirbelmischdüsen, Abb. 23, in denen der überhitzte Niederdruck-Frischdampf und der durch die äußere Arbeit zum Taupunkt heruntergekühlte und auf 14 bis 15 at entspannte Hochdruckdampf miteinander gemischt werden. So einfach die Bauart dieser Mischdüsen ist, so einwandfrei und zuverlässig arbeiten sie.

Abb. 27 bis 29
Hochdruck-Kesselspeiseventil.

a Absperrventil
b Speiseventil

Die Speisevorrichtungen

Besonders lehrreich war die Durchbildung der verschiedenartigen Speisevorrichtungen für den Zweidruckkessel.

N i e d e r d r u c k s p e i s u n g

Der Niederdruckkessel erhielt auf den Wunsch der Reichsbahn als Hauptspeisevorrichtung eine K o l b e n p u m p e der Bauart Knorr-Nielebock von 250 l/min Leistung und einen mit dem Abdampf der Niederdruckzylinder gespeisten Oberflächenvorwärmer; dieser ist, wie bei den neuen Lokomotiven der Reichsbahn allgemein durchgeführt, hochliegend in eine Quernische der Rauchkammer eingebettet, s. Tafel 9, so daß das Kondensat dem Tender durch Schwerkraft zufließt. Als Hilfsspeiseeinrichtung während längerer Aufenthalte dient eine saugende S t r a h l p u m p e von ebenfalls 250 l/min Fördermenge. Diese beiden Pumpen liefern die gesamte Verbrauchswassermenge der Zweidruck - Kesselanlage; beide Pumpen werden mit Niederdruckdampf betrieben.

H o c h d r u c k s p e i s u n g

Aus dem Niederdruckkessel wird das Speisewasser unten an einer voraussichtlich schlammarmen Stelle entnommen und durch zwei von der Firma Knorrbremse besonders entwickelte K o l b e n p u m p e n, die seitlich am Niederdruckkessel aufgehängt sind, in den Hochdruckkessel übergepumpt. Hierbei zeigte sich der erklärliche, aber nicht in derartigem Ausmaß erwartete Vorgang, daß beim Ansaugen wärmegesättigten und verdampfungsbereiten Wassers schon der kleinste Saugwiderstand Dampfbildung und Wasserschläge in der Pumpe hervorruft. Der Ansaugedruck von 16 at hat naturgemäß auf diese Erscheinung keinen Einfluß. Daß bei den ersten Versuchen der geschilderte Übelstand sich so stark bemerkbar machte, lag besonders daran, daß die schwungradlosen Lokomtivspeisepumpen mit großer ruckartiger Anfangsbeschleunigung

Abb. 30 bis 34
Hochdruck-Sicherheitsventil.

Abb. 4
Führersta

Abb.
Schnitt C

Abb. 2
Längsschnitt.

Abb. 3
Grundriß.

Abb. 4
Führerstand.

Abb. 5
Schnitt A — B.

Abb. 6
Schnitt C — D.

Wagner:
Die Schmidt-Hochdrucklokomotive

Abb. 2 bis 6
Schmidt-Hochdrucklokomotive der Deutschen Reichsbahn mit zwei Druckstufen, besonderem Niederdruckkessel, drei Zylindern und der Achsfolge 2 C. M. 1 : 40.

Wagner: Die Schmidt-Hochdrucklokomotive

Abb. 24 bis 26
Hochdruck-Verbundspeisepumpe.

h Hochdruckdampfzylinder *n* Niederdruckdampfzylinder *w* Wasserzylinder *s* Schmierpumpe

Abb. 47 bis 51
Hochdruckzylinder.

Einströmkanal *a* Ausströmkanal zur Mischdüse *k* Abdampfkanäle der Niederdruckzylinder

Abb. 51

Abb. 54 bis 56
Vorderer Zylinderdeckel und Stopfbüchse des Hochdruckzylinders.

Abb. 52 und 53
Hochdruckkolben.

Abb. 57 bis 59
Hochdruck-Kolbenschieber.

Abb. 54 bis 56
Vorderer Zylinderdeckel und Stopfbüchse
des Hochdruckzylinders.

Abb. 52 und 53
Hochdruckkolben.

Abb. 57 bis 59
Hochdruck-Kolbenschieber.

arbeiten und daher eine große Beschleunigung des angesaugten Wassers verlangen. Das führte zu Anständen, solange das Saugwasser der Pumpe praktisch wärmegesättigt zufloß, und man dachte schon daran, es durch das auf rd. 100 ° vorgewärmte Speisewasser des Niederdruckkessels zu kühlen. Schließlich aber zeigte sich, daß eine Unterkühlung um wenige Grade durch ungeschützte Führung der Saugleitung genügte, um die Dampfbildung unter den vorhandenen Verhältnissen zu unterdrücken.

Um einerseits den Hochdruckkessel erforderlichenfalls mit Fremddampf aufspeisen zu können und um anderseits nicht den edleren Hochdruckdampf in einer Hilfsmaschine mit geringer Dampfdehnung zu vergeuden, wurden auch beide Hochdruck-Speisepumpen ebenso wie die Bremsluftpumpen für den Betrieb mit Niederdruckdampf von 15 at Überdruck eingerichtet.

Die Hochdruck-Speisepumpe, Abb. 24 bis 26, Tafel 10, ist baulich möglichst eng an die Verbund-Regelpumpe angelehnt; Hoch- und Niederdruckzylinder *h* und *n* liegen ebenfalls übereinander und wirken auf dieselbe Kolbenstange. Dem hohen Gegendruck entsprechend erhielten beide Zylinder 175 und 328 mm Dmr.; der Durchmesser des Wasserzylinders *w*, der unter beiden Dampfzylindern liegt, mußte auf 85 mm verringert werden. Als gemeinsamer Hub wurde 250 mm gewählt; ein größerer Hub hätte die ganze Bauhöhe, die schon fast 1700 mm beträgt, noch weiter verlängert und die Unterbringung der Pumpe an der Lokomotive stark erschwert. Die Bauhöhe wird ohnedies etwas verlängert durch eine auf dem Deckel des Hochdruckzylinders angebrachte, durch Stößel angetriebene Schmierpumpe *s* der Bauart DK von De Limon Fluhme & Co., Düsseldorf. Derartige Schmierpumpen sind für alle Speisepumpen und für die Bremsluftpumpen vorgesehen.

Abb. 38 und 39
Wasserstandzeiger für den Hochdruckkessel.

Wie schon erwähnt, sind zwei Hochdruckspeisepumpen vorhanden, und zwar ist eine für den Regelbetrieb gedacht und kann nur vom Niederdruck- in den Hochdruckkessel überpumpen. Die andre soll im Bedarfsfalle einspringen und ebenfalls überspeisen; in ihre Saugleitung kann aber eine Umschalteinrichtung eingebaut werden, sodaß auch Frischwasser aus dem Tender unmittelbar in den Hochdruckkessel gespeist werden kann. Allerdings wird wegen der unvermeidlichen Verschmutzung dieses Kessels und der hohen Wärmespannungen von der Einrichtung der Rohwasserspeisung nur im äußersten Notfall Gebrauch gemacht werden. Die Kolbenkräfte beider Pumpen reichen ohne weiteres für Überwindung des vollen Druckunterschiedes aus.

Außer den Speisepumpen mußte auch die übrige Kesselausrüstung völlig neu durchgebildet werden; Stahlguß wurde seiner Unzuverlässigkeit wegen möglichst wenig verwendet. Rotguß ebensowenig wegen der bei den hohen Temperaturen bedingten Wanddicken und Gewichte.

Abb. 35 bis 37
Überströmventil.

u Überströmrohr
v Niederschraubventil
w Verteilrohr

Kesselausrüstung

Die beiden Hochdruck-Kesselspeiseventile, Abb. 27 bis 29,

sind mit dem zugehörigen Absperrventil je für sich in einem besonderen Gehäuse untergebracht. Die Ventilkegel und -sitze bestehen aus nichtrostendem Stahl, die Rückschlagventile haben entsprechend denen der Regelbauart für niedrige Drücke Federbelastung erhalten. Die Speiseleitungen haben 40 mm l. W., um den Pumpen wenig zusätzliche Reibungsarbeit zuzumuten.

Die Sicherheitsventile, Abb. 30 bis 34, haben zwei etwas verschiedene Durchmesser; sie sind mit Hochhublippe und langer rückwärtiger Führung durchgebildet. Beide sind in einem mittels Flansch an den Hochdruckkessel angeschlossenen Gußstück vereinigt. Die Kegel und die Ventilsitze bestehen aus nichtrostendem Stahl; Bauart und Baustoffe haben sich von Anfang an recht befriedigend verhalten.

Um möglichst wenige Durchbrechungen der Hochdruckkesselwand zu erhalten, ist an denselben Flansch auch das schon früher erwähnte

Überströmventil, Abb. 35 bis 37, angeschlossen, durch das, wenn erforderlich, Hochdruckdampf in den Niederdruckkessel abgeblasen werden kann. Von dieser Einrichtung wird im Betriebe gern Gebrauch gemacht, um das Abblasen von Hochdruckdampf durch die Sicherheitsventile zu verhüten. Ein einfaches Niederschraubventil für 20 mm Rohrdurchmesser mit Kegel und Sitz aus nichtrostendem Stahl genügt für den Zweck durchaus. Im Niederdruckkessel wird der Dampf durch ein Verteilrohr in den Wasserraum eingeblasen und niedergeschlagen. Das einfachere Einblasen in den Dampfraum war wegen der Gefahr unzulässiger Drucksteigerung nicht angängig.

Ein Problem war auch die Durchbildung der

Wasserstandzeiger

des Hochdruckkessels; in erster Linie wurden zwei unmittelbar anzeigende Wasserstände durchgebildet, Abb. 38 und 39, und zwar wiederum mit gebohrten Stahlgehäusen und gestaffelten Rundgläsern. Es kostete viel Zeit und Mühe, bis eine geeignete Art der Einspannung ohne jeden Kantendruck auf die 20 mm dicken Schaugläser von 36 mm Dmr. gefunden war; und auch dann noch ist scharfes Beobachten und einige Übung nötig, um den Wasserstand einwandfrei ablesen zu können. Infolge der unvermeidlich hohen Lage wird das Ablesen noch erschwert. Es wurde daher noch ein herabgezogener, mit gefärbter Flüssigkeit gefüllter Wasserstand, auch als mittelbar zeigender Wasserstand bezeichnet, Abb. 40 bis 43, entwickelt, der ziemlich kalt liegt und daher ein Rohrglas üblicher Bauart von 14/20 mm Dmr. erhalten konnte[4]). Als Füllung kam das sonst vielfach übliche Quecksilber nicht in Frage, da an ihm die ohnedies geringe Speisehöhe in der Trommel kaum noch abzulesen gewesen wäre. Es mußte vielmehr eine Flüssigkeit verwendet werden, die nur wenig schwerer als Wasser, aber völlig sicher vor Vermischung war.

Der Hochdruckregler, Abb. 44 bis 46.

Er ist aus Stahlguß hergestellt, da die liefernde Maschinenfabrik F. Wagner & Co. volle Gewähr für einwandfreie Durchbildung und Ausführung übernahm; bei den verhältnismäßig einfachen und stark bemessenen Gußstücken gelang die Erzielung eines bisher noch dichten Gusses. In der Ausführung ist der Regler eng an die bei der Reichsbahn allgemein eingeführte Bauart dieses Lieferwerks angelehnt: er hat sich auch hier bewährt. Hoch- und Niederdruckregler der Lokomotive sind derart miteinander gekuppelt, daß sie mit einem Hebel bedient werden.

Die Hochdruck-Frischdampfleitung führt am Niederdruckkessel entlang zur Rauchkammer und zum Hochdrucküberhitzer. Von ihm führt ein kurzer Verbindungskrümmer zum Hochdruckzylinder.

Gesichtspunkte für die Anordnung der Zylinder

Bei der Wahl der umzubauenden Lokomotivgattung war mitbestimmend gewesen, daß an der Zylindergruppe möglichst wenig verändert werden sollte. Die Ausnutzung der unberührt bleibenden Zylinder üblichen Druckes, kurz Niederdruckzylinder genannt, sollte möglichst voll erhalten werden; diese Forderung ebenso wie die Lage des Taupunktes bei der ersten Dehnung wiesen auf 15 bis 16 at Eintrittsdruck hin. Auf den Hochdruckzylinder entfällt somit etwa die Hälfte der vom Hochdruckanteil zu lei-

[4]) Vgl. Hartmann, Hochdruckdampf, Berlin 1925, VDI-Verlag.

Abb. 40 bis 43
Herabgezogener oder mittelbar zeigender Hochdruck-Wasserstand.

Abb. 44 bis 46
Hochdruckregler.

stenden Zylinderarbeit. Anderseits beträgt der Hochdruckanteil nach Abzug des Dampfverbrauches der Hilfsmaschinen (Bremsluft- und Speisepumpen) rd. zwei Drittel der gesamten Dampfarbeit, so daß von dieser dem Hochdruckzylinder etwa ein Drittel zuzuteilen ist. Demnach war eine Dreizylindermaschine für die Arbeitsverteilung am besten geeignet. Baulich entsprechen die Dreizylindermaschinen der Reichsbahn ebenfalls der Forderung geringer Änderungen an der Zylindergruppe, da alle drei Zylinder stets getrennt hergestellt und am Hauptrahmen befestigt werden. Bei den bisher ausgeführten Gattungen bildet, wie auch hier, der Mittelzylinder die zwischen den Außenzylindern ohnedies erforderliche Rahmenversteifung und außerdem oben als Sattelstütze die vordere Kesselauflage.

Am billigsten wäre zweifellos die Änderung der Zylindergruppe geworden, wenn der Innenzylinder und einer der beiden äußeren erhalten geblieben, also ein Außenzylinder zum Hochdruckzylinder gemacht worden wäre; das empfahl sich jedoch nicht, da die Arbeitsverschiebung zwischen den Zylindern bei Änderungen der Füllung nicht genügend durchsichtig war. Um Schlingermomente zu vermeiden, wurde daher der mittlere Zylinder zum Hochdruckzylinder gemacht und in einem hochwertigen Gußeisen ausgeführt.

Der Hochdruckzylinder, Abb. 47 bis 51, Tafel 10,

hat 290 mm Dmr. unter Beibehaltung des bisherigen Hubes von 630 mm; als Lauffläche wurde eine Büchse aus Gußeisen eingepreßt, eine in den Vereinigten Staaten schon länger bewährte Ausführung. Auch hier bei dem hohen Druck von 60 at wurden Dampfverluste durch Umschleichen der Büchse noch nicht festgestellt.

Der Schieberkasten hat, damit man nicht die ganze Steuerung ändern müßte, seine frühere Lage senkrecht über und ziemlich weit entfernt von der Zylindermitte behalten; der Schieber-Dmr. beträgt entsprechend dem kleinen Dampfvolumen 120 mm. Die Lauffläche des Schiebers wird wiederum durch eine eingepreßte Gußeisenbüchse gebildet. Über der Mitte des Schieberkastens ist der senkrechte Einströmkanal *e* für die innenliegende Einströmung, dicht neben dem Schieberkasten der ebenfalls senkrechte gegabelte Ausströmkanal *a* zu den Mischdüsen sichtbar. Die Wände der Hochdruckdampf führenden Teile sind dem Druck entsprechend kräftig bemessen; die Dampfkanäle sind durch eine Längsrippe gut versteift. Die übrigen Wände und Rippen des Zylindergußstückes sind geradlinig und leicht gehalten; außer den genannten Bauteilen enthält das Gußstück noch auf beiden Seiten die Abdampfkanäle *k* der Niederdruckzylinder, oben den Rauchkammersattel und unten den Fuß für den Drehzapfen des Drehgestells. Die beiden Niederdruckzylinder konnten mit 500 mm Zyl.-Dmr. unverändert beibehalten werden.

Hochdruckkolben und Kolbenstange, Abb. 52 und 53, Tafel 10.

Der Kolben ist ein gepreßtes Stahlstück; zur Abdichtung hat er sechs ziemlich flach gehaltene federnde Ringe mit Schrägschlitzen. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, daß die mittleren Ringe sich einwandfrei verhalten; bei den beiden äußersten Ringen drückt der hinter die Ringe tretende Dampf sie allzu kräftig an die Zylinderwand und verschleißt sie in kürzerer Zeit als geboten. Um den Anpreßdruck zu vermindern, werden dünnere und höhere Ringe gelegentlich eingebaut werden.

Vorderer Zylinderdeckel und Stopfbüchse, Abb. 54 bis 55, Tafel 10.

Die Kolbenstange wird, wie jetzt bei der Reichsbahn allgemein üblich, in voller Dicke durch den vorderen Zylinderdeckel geführt und des Gewichtes wegen vorn hohlgebohrt; der gleichbleibende Stangendurchmesser sichert eine genügende Auflagefläche in der vorderen Tragbüchse und gestattet, einheitliche Stopfbüchsen vorn und hinten zu verwenden.

Die Stopfbüchsfrage bildete beim Entwurf eine der größten Sorgen, doch, wie sich bald herausstellte, mit Unrecht. Auf die Empfehlung der Reichsbahn wurden gußeiserne Stopfbüchsen einer der Regelbauarten der Reichsbahn, in diesem Falle der Bauart Sack & Kiesselbach, eingebaut. Die einzigen Unterschiede gegenüber der Regelausführung bestehen darin, daß statt der üblichen drei Dichtringpaare sechs hintereinandergeschaltet sind und des möglichen Verziehens wegen nicht in den sonst üblichen Halbschalen, sondern in einzelnen Kammerringen liegen. Diese Stopfbüchsen haben sich bisher durchaus bewährt.

Den Hochdruckkolbenschieber

zeigen Abb. 57 bis 59, Tafel 10. Er besteht aus zwei getrennt auf die Stange aufgeschraubten Körpern für einfache Einströmung. Die Schieberkörper sind des kleinen Durchmessers wegen zum Aufbringen der sieben schmalen, hohen Schieberringe ohne Überbeanspruchung geteilt ausgeführt. Die Ringe liegen ohne Spiel in besonderen winkelförmigen Druckringen. Auf der Eintrittseite dichten vier Ringe, nach der Austrittseite mit einem Zwischenraum von 22 mm drei Ringe ab.

Der Kreuzkopf, die Treibstange und die Kurbelachse, in deren Mitte die Treibstange des Hochdruckzylinders angreift, sind ebenso wie die Steuerung unverändert geblieben. Um den gleichmäßigen Kraftangriff der Dreizylinderlokomotive am Radumfang nicht zu beeinträchtigen, wurde auch die Versetzung der Kurbelwinkel um 120° beibehalten; da nun aber nur noch zwei Zylinder auspuffen, ergibt sich ein beim Anfahren deutlich wahrnehmbarer hüpfender Schlag und eine ruckartige Feueranfachung. Diese hat sich bisher noch nicht störend bemerkbar gemacht und verschwindet bei etwa 10 km/h Geschwindigkeit.

Alle übrigen Teile der Lokomotive ebenso wie der Tender sind unverändert geblieben. In diesem Zustande wurde die Hochdrucklokomotive zuerst im September 1925 auf der Münchener Verkehrsausstellung gezeigt und nach einer Reihe von Vorversuchen in Kassel Ende 1925 dem Lokomotiv-Versuchsamt in Berlin-Grunewald zugeführt.

Die Versuche und Ergebnisse,

über die Prof. Nordmann hier demnächst besonders berichten wird, dienten in erster Linie der Feststellung, ob die Bemessung der Heiz- und Wärmeübertragungsflächen richtig war: daneben aber mußte die Dichtigkeit und die zwanglose Dehnung aller Bauteile und das einwandfreie Arbeiten der Kesselausrüstung geprüft und zum Teil erst erzielt worden.

Bauliche Änderungen auf Grund der Versuchs- und Betriebsergebnisse.

Aus den ersten Versuchsreihen ergab sich die Erkenntnis, daß sich bei der Strahlungsbeheizung in einer langen schmalen Feuerbüchse überhohe Belastungen der nahe der Mitte der Längswand liegenden Heizflächen ergeben, während die wenig bestrahlten Ecken und Querwände unter dem Durchschnitt belastet sind. Diese Erkenntnis, die am gewöhnlichen Stehbolzenkessel nicht zu erlangen gewesen wäre, zeigt in voller Deutlichkeit die Minderwertigkeit der leider von einigen Konstrukteuren noch immer empfohlenen schmalen Feuerbüchse. In diesem Falle war es ohne große Kosten nicht möglich, den schweren Mangel durch Änderung der Feuerbüchsform zu beseitigen. Es war auch nicht so dringend, da der Baustoff der Heizflächen in diesem Falle widerstandfähiger gegen Überlastung war als das sonst meist verwendete empfindliche Kupfer. Es war daher nur ein Ausgleich zwischen Heizflächen und Kühlflächen zu schaffen, derart, daß die bisher in sechs Längsabteilungen unterteilten oberen und unteren Sammelkammern durch langdurchlaufende Kammern ersetzt werden. Die Überlastung der Heizflächen bleibt an sich bestehen, doch können die überbelasteten Heizelemente ihren Dampf auch an die wenig belasteten Kühlschlangen vorn und hinten abgeben. Die Vereinigung des Energieinhaltes aller Heizelemente erschien nicht mehr gefährlich, nachdem die Betriebsicherheit nachgewiesen war.

Zur Vornahme dieser Arbeiten wurde die Versuchslokomotive im Juli 1927 der Lokomotivfabrik zurückgegeben. Die Änderung wurde durchgeführt und hat sich, wie vorausgeschickt werden darf, durchaus bewährt. Daneben wurden alle das Hochdruckverfahren berührenden Teile der Maschine ausgebaut und gründlich untersucht. Hierbei zeigten sich die erwähnten Einzelergebnisse.

Am interessantesten war naturgemäß die Untersuchung des Hochdruckkessels auf Kesselstein. Es zeigte sich, daß fester Kesselstein überhaupt nicht darin vorhanden war. Dagegen fand sich ein feiner Überzug an der Trommelwand und den Kühlschlangen vor, der naß ohne jedes Haften abzuwaschen und trocken abzublasen war. Dieser Schlamm wird naturgemäß schon bei mäßiger Wallung von den Wänden abgehoben und kann keinen gefährlichen Wärmestau hervorrufen. Beim Absuchen der Heizelemente nach etwaigen Undichtigkeiten zeigte sich aber auch, daß einige Kühlschlangen im Hochdruckkessel innen angerostet waren und außen an den Schweißstellen der Umkehrkappen Anrisse aufwiesen. Im Anschluß an diese allgemeine Untersuchung wurde für die Schlangen ein neuer Entwurf aufgestellt, bei dem diese ohne Schweißung aus Rohren gebogen und zu mehreren in einen Anschlußblock eingewalzt wurden. [B 1880]

Ausbau der Stromverteilung in Berlin

Die Dezemberspitze des Berliner Stromverbrauches war 1927 auf 356 000 kW gestiegen und wird voraussichtlich in diesem Jahr auf 420 000 kW kommen. Der Anschlußwert der 1928 neu angelegten und beantragten Stromverbrauchstellen wird bis zum 31. Dezember 130 000 kW erreichen. Das hat die Bewag gezwungen, die Kabelnetze weiter außerordentlich zu verstärken, neue Abspann- und Umformerwerke, Stützpunkte und Netzspeisepunkte zu schaffen. Das Kabelnetz umfaßte 1923, d. h. 37 Jahre nach der Gründung der Berliner Elektrizitätswerke, rd. 10 000 km. In 5½ Jahren sind seitdem weitere 8000 km Kabel verlegt und 1928 allein 27 Mill. RM hierfür und für die damit verbundenen Schalt- und Umspannanlagen, ausschließlich der großen Abspannwerke und der Umformerwerke, aufgewandt worden.

Seit einigen Jahren wird der Strom aus den Kraftwerken Berlins und aus den Fernversorgungsleitungen durch 30 000 V-Kabel an Abspannwerke in den Außenbezirken verteilt, von wo er mit 6000 V den einzelnen Versorgungsbezirken zugeführt wird. Elf solcher Abspannwerke mit 450 000 kVA werden bis Ende d. J. in Betrieb genommen sein und drei weitere mit 112 500 kVA werden 1929 folgen.

Von der Einrichtung der neuen mit 12 000 kVA-Transformatoren ausgerüsteten Werke sei hier erwähnt, daß zur Kühlung des Transformatorenöles nicht mehr Umlaufpumpen dienen, sondern daß das Öl nach dem Grundgedanken des Thermosyphons von den Transformatoren zu dem darüber stehenden Röhrenkühler aufsteigt und nach der Abkühlung wieder den Transformatorengehäusen zufließt. Die Kühlluft wird mittels Kamine von wenig mehr als Gebäudehöhe (etwa 30 m) durch natürlichen Zug angesogen und abgeführt. Die Kamine hat man in eine Außenwand des Gebäudes ein- und angebaut, was zu einer architektonisch sehr gefälligen Lösung geführt hat. Diesen rechteckigen Lüftkaminen an der einen Längsaußenwand entsprechen an der andern Längswand ausgeprägte Pfeiler dreieckigen Querschnittes, die zum Teil als senkrechte Kabelkanäle benutzt werden und mit ihren zum Dachfirst aufstrebenden Linien ebenfalls eine aus dem Zweck begründete künstlerische Wirkung ergeben.

Von diesen Abspannwerken fließt der Drehstrom mit 6000 V insgesamt 26 Umformwerken zu, die noch mehrere Bezirke der Innenstadt und die Straßenbahn mit Gleichstrom (2 × 220 V und 550 V) speisen. Im Bau befinden sich sechs mit Quecksilberdampf-Gleichrichtern ausgestattete Umformwerke für die Straßenbahnversorgung. Anderseits fließt der 6000 V-Strom neu errichteten Stützpunkten für das Drehstromverteilnetz zu, von denen Ende d. J. 28 mit je 18 000 kVA höchster Durchgangsleistung vorhanden sein werden. Diese Speisepunkte ermöglichen eine wesentlich höhere Ausnutzung der vorhandenen, bis an die Grenze belasteten Kabelnetze in den einzelnen Bezirken.

Schwierig war die Schaffung derartiger Stützpunkte in den eng bebauten Innenbezirken; denn sie sind nur in umfangreichen Gebäuden unterzubringen. Die Berliner Elektrizitätswerke A.-G. hatten sich deshalb schon vor längerer Zeit entschlossen, zusammen mit einigen Elektrizitätsfirmen ein neues raumsparendes Schalt- und Installationsmaterial durchzubilden. Hierbei liegen die Leitungen und Schalterteile für die drei Phasen sowie für die beiden Sammelschienensätze und die einzelnen Abzweige in Bruchteilen der sonst erforderlichen Abstände voneinander, und zwar in eisernen Röhren und zweckmäßig gestalteten Gehäusen oder Kasten, die mit Isoliermasse ausgefüllt sind. Auch die Kontakte der Trennstellen sind den engen Abständen entsprechend besonders ausgebildet. Ausführliche Berichte über diese wichtige Neuerung sind natürlich erst zu erwarten, wenn die mit diesem Material im Gang befindlichen praktischen Betriebversuche abgeschlossen sein werden.

Diese neuen Einrichtungen haben nun insgesamt sechs neue Stützspeisepunkte erhalten, von denen zwei am Wilhelmplatz in Berlin und am Wittenbergplatz in Charlottenburg unterirdisch bei äußerst weitgehender Raumersparnis geschaffen worden sind. Die von allen diesen Stützpunkten ausgehenden 6000 V-Kabel führen zu größeren Einzelabnehmern und zu den Netzumspannstellen, die früher zum großen Teil in Anschlagsäulen untergebracht waren. Hier wird die Spannung auf 220/380 V oder 3 × 220 V herabgesetzt. Die Bewag hat heute etwa 3200 solcher Umspannstellen; 500 davon sind oder werden in diesem Jahr aufgestellt, so daß Ende 1928 rd. 3500 mit etwa 350 000 kVA Gesamtleistung vorhanden sein werden. Neuerdings baut man diese Netzumspannstellen in besondere Häuschen, in unterirdische Räume, Hauskeller usw. ein, da in den Anschlagsäulen der Platz für ein bis zwei Transformatoren der jetzt erforderlichen Größe (bis 500 kVA) nicht vorhanden ist.

Für die Anlage neuer Kabelgräben wird die Bewag in Zukunft mehr und mehr zu mechanischen Hilfsmitteln übergehen. Seit einiger Zeit stellt sie deshalb praktische Versuche mit Grabenbaggern, Kabelspills und Seilzugpflügen zum Zuschütten der Gräben an. Ein solcher Grabenbagger amerikanischer Bauart steht zur Zeit in einem westlichen Außenbezirk im Versuchsbetrieb. Der auf Raupenketten laufende Bagger wird von einem 40 PS-Benzinmotor angetrieben. Zum Bodenaushub dient ein senkrechter Baggerbaum mit Grabkette. Die aus legiertem Stahl bestehenden Grabzähne sind für rd. 45 bis 50 cm Grabenbreite auswechselbar; sie schütten auf ein seitwärts führendes kurzes Gummiförderband aus, das den Boden unmittelbar neben dem Graben abwirft. Die das Förderband aufnehmende Abwurfvorrichtung kann nach beiden Seiten eingestellt werden. Der insgesamt 9 t schwere Grabenbagger verfügt je nach der Bodenart über 15,3 bis 147 m/h Grabgeschwindigkeit bei 1,68 m größter Grabtiefe; z. B. in Mergel 90 m/h bei 0,8 bis 1 m Grabtiefe. Der Bagger soll indessen für den lockeren Berliner Sandboden unnötig schwer sein, weshalb man bestrebt ist, eine leichtere Maschine für diesen Zweck auszubilden. Da in Berlin jährlich etwa 600 km Kabelgräben auszuheben sind, ist die Schaffung eines brauchbaren Grabenbaggers eine ungemein wichtige Aufgabe.

Zum Einziehen der Kabel von den Rollen in die Gräben, wozu sonst große Arbeiterkolonnen erforderlich sind, dient hier ein durch Elektromotor angetriebenes, auf einen Elektrokarren aufgebautes Spill. Zur Erleichterung der Zugarbeit und zur Schonung der Kabel hat man kleine Führungswalzen mit Kugellagerung in handlichen eisernen Böcken ausgebildet, die mit der Hand leicht überall eingebracht und in beliebiger Lage aufgestellt werden können. Das Zuschütten des Kabelgrabens mittels Seilpfluges erspart ebenfalls viel Arbeitskräfte, wenn der Pflug auch mehrmals hin- und herfahren muß. Allerdings ist das Feststampfen des Bodens im Graben in wirtschaftlicher Arbeitsweise noch nicht gelöst.

Die Wichtigkeit aller dieser Arbeiten, Anlagen und Einrichtungen für die Stromverteilung wird auch in Ingenieurkreisen vielfach unterschätzt. Sie wird aber erklärlich, wenn man bedenkt, daß sie zwei- bis zweieinhalb so viel Kapitalaufwand erfordern, als die Errichtung der Stromerzeugeranlagen. Und auch für diese Anlagen sind die Arbeiten ununterbrochen im Gang geblieben. Nach und während der Errichtung des Großkraftwerkes Klingenberg diente der Ausbau des Kraftwerkes Charlottenburg und die Heranführung neuer 100 000 V-Leitungen von den Kraftwerken der Elektrowerke der Bereitstellung ausreichender Stromquellen. Weitere Anlagen, wie die Errichtung von Dampfspeicherwerken, insbesondere für die Stromspitzen, in Charlottenburg und Moabit, sind im Bau und in der Planung, ebenso wie das Ergänzungswerk zum Großkraftwerk Klingenberg im Westen Berlins. Dieses Westwerk wird am Spreeufer bei Siemensstadt errichtet, ungefähr gegenüber dem Bahnhof Ruhleben. [N 2161] K. M.

Kali-Umschlaganlage Antwerpen

Von Dipl.-Ing. H. Seidel, Berlin

Die Umschlaganlage für Kalisalze in Antwerpen verfügt über zwei nebeneinanderliegende Lagerhallen von insgesamt 100000 t Fassungsvermögen bei rd. 15600 m² Grundfläche. Die Vorgänge beim Ein- und Ausspeichern der Kalisalze werden geschildert und die hierfür verwendeten Fördermittel wie Bandförderer, Becherwerke, Salzkratzer u. a., mit denen man bis zu 700 t/h Salz in Seeschiffe verladen kann, beschrieben. Anschließend werden Leistung und Wirtschaftlichkeit erörtert sowie kurz der Bauvorgang bis zur Inbetriebnahme erläutert.

Abb. 1
Umschlaganlage für Kali in Antwerpen. Ansicht von der Seeseite aus.

Die Umschlaganlage für Kali in Antwerpen[1]) ist auf Grund eines von der Société Commerciale des Potasses d'Alsace ausgeschriebenen internationalen Vettbewerbes von der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m. b. H., Saarbrücken, erbaut worden. n ähnlicher Weise wie die einige Zeit später gebaute Umschlaganlage des Deutschen Kalisyndikats in Iamburg[2]) soll die Antwerpener Anlage dazu dienen, den nit der Jahreszeit wechselnden Ansprüchen der Landwirtschaft, insbesondere von Übersee, jederzeit gerecht zu werden und gleichzeitig den elsässischen Werken über das ganze Jahr eine gleichmäßige Förderung zu gewährleisten.

Gesamtanlage und Hauptabmessungen

Für den Bau hat die Stadtverwaltung von Antwerpen in einem neu aufgeschlossenen Hafenteil das Kopfende eines rd. 300 m breiten Docks zur Verfügung gestellt, das an drei Kais das Anlegen von Dampfern ermöglicht. Abb. 1 zeigt die gesamte Anlage, von der Seeseite aus

[1]) Vergl. a. VDI-Nachrichten Nr. 17 vom 25. April 1928.
[2]) Vergl. a. Petzel und Behrends, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 37 S. 1286

Abb. 9
125 m langer Gurtförderer mit verfahrbarem Abwurfwagen im Dach einer Speicherhalle.

Abb. 12
Absackwaage mit darunter befindlicher schräg liegender Rollbahn.

Abb. 2 bis 4
Längsschnitte und Grundriß der Antwerpener Anlage.

a Anlegeplätze für Flußschiffe
b Greiferkrane
c fahrbare Bunker
d unterirdisch unter der Bunkerfahrbahn parallel zur Schmalseite der Hallen geführte Förderbänder
e schräg ansteigende Förderbänder, senkrecht zur Schmalseite der Hallen
f lotrechte Becherwerke, an die Schmalseiten der Halle I angebaut
g 25 m lange Förderbänder, außen an der Schmalseite entlanggeführt
h, h_1 125 m lange Förderbänder, außen an der Längsseite der Halle I entlanggeführt
i Förderbänder auf fahrbaren Verladebrücken
k_1, k_2 Längsförderbänder unter dem Dach der Hallen

Querförderband zum Füllen von Halle II
n Salzkratzer, drei in jeder Halle
n_1, n_2 Längsförderbänder unter dem Boden der Hallen
o_1, o_2, o_3 Querförderer zwischen Halle und Absackgebäude (o_3 nicht sichtbar)
p_1, p_2, p_3 Becherwerke im Absackgebäude
q Schrägförderband (Schnitt G—H)
r Mahlanlagen
s Bunker mit vier Absackwaagen
t Förderband für Sackverladung
t_1 Sackverladebrücke
u Förderschnecke zum Beladen von Eisenbahnwagen
v Verteilschurre
w Krane zum Verladen der gebündelten Säcke

gesehen. Die beiden nebeneinander liegenden Lagerhallen sind je 260 m lang, 27,5 m breit und haben 20 m mittlere Höhe; ihr Gesamtfassungsvermögen beträgt 100 000 t Kalisalze.

Maßgebend für den Entwurf der Förderanlagen waren die Forderungen, daß man die Verladeanlagen schnell verschieden hohen Stundenleistungen anpassen, jede beliebige Salzsorte sofort greifen und die Beladezeit gegen früher erheblich abkürzen konnte. Bei geringerer Kalizufuhr sollte es möglich sein, entsprechend an Energie zu sparen. Durch die Anordnung beider Hallen längs zum Beladekai erreicht man für alle Fördervorgänge eine gleichgerichtete Bewegung des Gutes; ein Kreuzen oder sogar eine entgegengesetzte Bewegung einzelner Förderabschnitte fällt fort. Zwei gleichartige Förderanlagen sind hierbei symmetrisch in der rechten und linken Hälfte jedes Speichers angeordnet und ermöglichen das gleichzeitige Füllen und Entleeren beider Lagerhallen.

Die verschiedenen Fördervorgänge

lassen sich am besten an der Hand von Abb. 2 bis 8 verfolgen. Man unterscheidet vier Verlademöglichkeiten: 1. Ausladen aus dem Flußschiff oder dem Eisenbahnwagen und unmittelbare Weiterbeförderung zum Überseedampfer, 2. Ausladen aus dem Flußschiff oder Eisenbahnwagen und Beförderung in die Speicher zum Lagern, 3. Beladen der Seeschiffe aus den Speichern, wobei man wiederum loses Salz oder Säcke verladen kann, 4. Beladen von Eisenbahnwagen mit Salz aus den Speichern.

Überladen vom Fluß- zum Seeschiff

Die Rheinkähne legen an den beiden schmalen Seiten a an, wo sich auch die Anschlußgleise der Eisenbahn befinden. Mittels Greiferkrane b werden die Flußschiffe entleert, während das Salz aus den Eisenbahnwagen entweder mittels Bodenentleerung oder, falls dies nicht möglich ist, mittels Schaufeln auf die Aufgabeluken der unterirdisch geführten Gurtförderer d gebracht wird. Die Greiferkrane stürzen das Salz in fahrbare Bunker c. Diese geben das Salz über die Aufgabeluken, die bei Nichtgebrauch durch gußeiserne Deckel wasserdicht verschlossen sind, auf die unterirdisch geführten Gurtförderer d. An der Mitte der Stirnseite der vorderen Lagerhalle gelangt das Fördergut sodann auf ein rechtwinklig anschließendes schräges Förderband e und von diesem in ein senkrechtes Becherwerk f von 26 m Förderhöhe, das an seinem oberen Ende drei mit Umstellklappen versehene Auslaufschurren trägt.

Über eine dieser Schurren wird das Fördergut auf einen 25 m langen Gurtförderer g geleitet, der außerhalb der Lagerhallen in einer nach dem vorderen Beladekai führenden Verbindungsbrücke untergebracht ist. Von hier gelangt das Salz auf ein 129 m langes, parallel zum Beladekai verlaufendes Förderband h. Selbsttätige Abwurfwagen bringen sodann das Gut auf Gurtförderer i, die in drei fahrbaren Verladebrücken eingebaut sind. Hier zeichnen Bandwaagen selbsttätig das Gewicht der durchlaufenden Salzmengen auf, und die gewogenen Mengen werden durch elektrische Einrichtungen im Versandbureau selbsttätig aufgezeichnet. Am Ende dieser Bänder sind ausziehbare Rohre angehängt, durch die das Salz ins Seeschiff stürzt.

Abb. 5 bis 8
Querschnitte der Antwerpener Anlage, s. Abb. 2 bis 4 (Buchstabenerklärung s. Abb. 2 bis 4).

Zum Speichern in den beiden Lagern werden die beiden andern Auslaufschurren am oberen Ende der Becherwerke f benutzt. Soll der vordere Speicher gefüllt werden, so gelangt das Salz auf den 129 m langen Gurtförderer k_1, der in dem Dachaufbau der Speicherhalle I untergebracht ist, vergl. a. Abb. 9. Selbsttätig verfahrbare Abwurfwagen werfen das Salz zu beiden Seiten ihrer Fahrbahn unmittelbar in die Lagerhalle hinab. Zur hinteren Halle, die entsprechend eingerichtet ist, wird das Gut über die dritte Auslaufschurre und das Zuführband l geleitet, das an den Stirnseiten in außerhalb liegenden Verbindungsbrücken eingebaut ist.

Für die

Entnahme des Salzes aus den Lagerhallen dienen sechs später beschriebene Salzkratzer m. Diese tragen die Salzhaufen ab und geben das Gut an Bänder n_1 oder n_2, die unterhalb der Kratzerfahrbahn in durch Holzbohlen verdeckten Kanälen laufen. Von diesen Bändern gelangt das Salz auf die Gurtförderer o_1 und o_3, die in Hallenmitte senkrecht zur Hallenachse nebeneinander unter dem Hallenboden zum Absackgebäude führen. Dort wird das Salz mittels senkrechter Becherwerke p_1 und p_3 32 m hoch gefördert und sodann über eine Verteilschurre auf ein Schrägförderband q geführt, das es über ein Fallrohr, vergl. a. Abb. 10 und 11, den längs der Beladekais in 20 m Höhe laufenden Förderbändern zuführt. Von hier gelangt es dann über die in den drei fahrbaren Brücken eingebauten Gurtförderer i und die anschließenden Teleskoprohre ins Schiff.

Die Salze von höherer Güte werden in Säcken nach Übersee befördert. Solche Salze leitet man normalerweise von den Bändern n_1 und n_2 auf einen zwischen den Gurtförderern o_1 und o_3 liegenden dritten Gurtförderer o_2, der es dem dritten Becherwerk p_2 zuführt. Dieses wirft es durch die Verteilschurre in die beiden Mahlanlagen r (e in Abb. 10 und 11), die je 50 t/h Salz fein zermahlen. Von hier fällt das Salz in einen mit vier Absackwaagen versehenen Bunker s (g in Abb. 10 und 11). Unter den Ausläufen der Absackwaagen, Abb. 12, liegen vier kurze, schräg liegende Rollbahnen mit anschließenden wagerechten Wandertischen von je rd. 7 m Länge und 1,5 m Breite, deren Oberfläche aus dicht nebeneinander gereihten Holzbohlen in Fußbodenhöhe besteht. Mit jeder Absackwaage kann man über 350 Säcke von je 100 kg Inhalt in 1 h füllen. Diese Säcke werden vorläufig nur an einem Tisch mit einer Sacknähmaschine, an den drei andern Tischen von je fünf Näherinnen mit der Hand zugenäht. Länge und Geschwindigkeit dieser Wandertische sind so bemessen, daß die Näharbeit bequem beendet ist, wenn ein Sack den Nähtisch verläßt.

Die zugenähten Säcke gelangen über Rollenrutschen auf darunter liegende rd. 127 m lange Gurtförderer t, Abb. 2 bis 8, die rechts und links vom Absackgebäude parallel zum Beladekai in 5 m Höhe verlaufen. Diese Bänder sind mit verfahrbaren Sackabwurfwagen ausgerüstet, über die die Säcke auf Verladerampen gelangen. Hier werden die Säcke von Arbeitern in Empfang genommen, mit Hanfseilen zusammengebündelt und mittels Drehkrane in die Seedampfer verladen.

An den Absackraum schließen sich zu beiden Seiten Sackspeicherräume an, in denen man rd. 30 000 Säcke stapeln kann. Hierzu dienen zwei 5 m über dem Fußboden verfahrbare Brücken mit Gurtförderern, von denen aus die Säcke über ausziehbare Rutschen in Speicherräume gelangen, Abb. 13 und 14 bis 16.

Zur Rückverladung dienen auf den Brücken verfahrbar angeordnete Sackverladekrane. Jeder Kran hat zwei Zangen mit durch je einen Motor angetriebenen,

Abb. 10 und 11
Längs- und Querschnitt
urch das Absackgebäude.

a Becherwerk
b schräger Gurtförderer
c Fallrohr
d Verteilschurre
e Mahlanlage
f Fallrohr
g Bunker mit
h Absackwaage
i Wandertisch
k Förderschnecke

ollständig unabhängig von-
nander arbeitenden Hubwer-
en. Das Arbeitsspiel voll-
ieht sich wechselseitig; wäh-
end auf der einen Seite ein
ack hochgehoben wird, senkt
ch auf der andern Seite die
ackzange herab. Sobald die
ange den Sack bis zur Höhe
es Brückengerüstes gehoben
at, fährt die Laufkatze auf
iner schrägen Führungsbahn
is in die Mitte der Verlade-
rücke. Hier öffnet sich die
ange selbsttätig durch Berüh-
en eines Anschlages, und der
ack gleitet über eine Rutsche
uf den in der Brücke laufen-
en Gurtförderer und von die-
em über Sackabwurfwagen
uf die rechtwinklig dazu ver-
aufenden Bänder *t*, Abb. 2
is 8. Von diesen werden sie
uf den Verladerampen abge-
etzt, gebündelt und durch die
rane *w* ins Schiff verladen.

Abb. 13
Verfahrbare Sackverladebrücke in einem der beiden Sackspeicher III und IV.

Abb. 14 bis 16
Schnitte durch die Sackverladebrücke.

Beladen von Eisenbahnwagen

In diesem Fall übergeben die unter der Kratzerfahrbahn angeordneten Bänder n_1 und n_2 das Salz dem dritten parallel zu den Speicherstirnwänden laufenden Gurtförderer o_3, der es dem dritten Becherwerk p_3 im Absackgebäude zuführt, Abb. 2 bis 8. Von diesem gelangt das Salz entweder unmittelbar oder erst nach Durchlaufen der Mahlanlage in einen Zwischenbunker und aus diesem in eine Förderschnecke u, Abb. 6, vergl. a. Abb. 10 und 11. Von dieser übernimmt es eine auf einem Unterwagen auf Schienen verfahrbare Förderschnecke, die heb-, senk- und schwenkbar ist und mit ihrem Vorderteil in die Eisenbahnwagen hineinragt, Abb. 17. Die Anlage wird von einem Elektromotor betrieben und kann 80 t/h in Güterwagen verladen.

Abb. 17
Förderschnecke zum Beladen von Eisenbahnwagen.
a ortfeste Förderschnecke *b* verfahr-, heb- und senk- sowie ausschwenkbare Förderschnecke

Einzelne wichtige Teile der Umschlaganlage

Für den größten Teil der verschiedenen Förderwege werden

Förderbänder

mit muldenförmig gelagerter und wagerechter Tragfläche benutzt, zwischen denen zur senkrechten Förderung Becherwerke eingeschaltet sind. Die Bänder sind mit fahrbaren Abwurfwagen ausgerüstet. Die Sackabwurfwagen haben abnehmbare und umsetzbare Gleitführungen, Abb. 9. Die Gurte sind 60 bis 70 cm breit; ihre mittlere Geschwindigkeit beträgt 1 bis 1,5 m/s. Zur Abstützung dienen insgesamt 3000 Tragrollensätze. Für gemeinsam arbeitende Fördermittel hat man Gruppenantrieb, sonst Einzelantrieb, gewählt.

Abb. 18
Salzkratzer im Innern einer Halle.

Die Salzkratzer,

e drei im Innern der Hallen, Abb. 18 und 19, können je 00 t/h leisten. Der um 360° schwenkbare Ausleger *b* on 11 m Länge ist heb- und senkbar an der senkrechten rehbaren Säule *a* befestigt. Die Mitnehmerschaufeln aus Stahl sind mit Reißzähnen ausgerüstet und werden durch wei umlaufende Ketten in Bewegung versetzt, Abb. 20. Die vährend einer Drehbewegung des Auslegers auftretenden Kippmomente gleicht ein mit dem Ausleger verbundenes, auf iner parabolischen Schiene fahrendes Gegengewicht *c* aus. Die obere Fahrbahn und damit die Deckenkonstruktion aben nur geringe Belastungen aufzunehmen. Alle Antriebteile sind unten an der drehbaren Säule untergebracht. Der Motor, der die Auslegerkette antreibt, bewirkt auch lle Fahr-, Hub- und Schwenkbewegungen des Kratzers. Zum Senken des Auslegers dient Handantrieb mittels eines Zwischengetriebes. Alle für die einzelnen Bewegungsorgänge erforderlichen Vorrichtungen kann ein Arbeiter om Boden aus bequem bedienen.

Die Sacknähmaschine, Abb. 21, die von der Firma Union, Spezialmaschinenfabrik, Stuttgart, geliefert worden ist, wird von zwei Arbeiterinnen bedient. Da die Betriebserfahrungen nach Angabe der Betriebsleitung günstig sind, hat die Stadt Antwerpen drei weitere Sack-

RZ1969Z17

Abb. 20
Ausleger des Salzkratzers mit den Mitnehmerschaufeln.

RZ1969Z21

Abb. 21
Sacknähmaschine, erbaut von der Firma „Union", Spezialmaschinenfabrik, Stuttgart.

Abb. 19
Aufbau des Salzkratzers.

a senkrechte drehbare Säule
b um 360° schwenkbarer Ausleger
c auf einer parabolischen Schiene fahrendes Gegengewicht
d obere Lagerung
e untere „
f, *g* Bandförderer

23200 — 9600 — 12550 — 13516

RZ1969Z18

nähmaschinen für die anderen drei Wandertische bei der Firma bestellt. Die Nähtische werden dann mittels Wechselkupplungen zwei Geschwindigkeiten erhalten, je nachdem mit der Maschine oder mit der Hand gearbeitet wird.

Im Absackgebäude befinden sich außer den bereits beschriebenen Anlagen noch verschiedene Bureauräume, ein Speicher für leere Säcke, ein durch sieben Stockwerke geführter Lastenaufzug und eine Druckmaschine zum Anbringen der Inhalts- und Herkunftsangaben auf den Kalisäcken.

Jeder Arbeitsvorgang kann gleichzeitig mit beiden Fördersystemen von links und rechts her ausgeführt werden. Durch Umstellen der Verteilschnecke *v*, Abb. 2, kann man das Gut wechselseitig verladen, also von jedem Salzhaufen in der rechten oder linken Hallenhälfte Salz gleichzeitig in einen oder zwei an der Beladeseite liegende Dampfer fördern.

Bei plötzlich eintretenden Verstopfungen können schnell von einer Warte aus, die telephonisch mit allen wichtigen Stellen verbunden ist und außerdem durch das Aufleuchten von Lämpchen über den augenblicklichen Betriebzustand jeder einzelnen Förderanlage unterrichtet wird, die der Störungsstelle vorgeschalteten Teile der Anlage abgeschaltet werden.

Leistung und Wirtschaftlichkeit

Die Anlage vermag bis zu 700 t/h in Seeschiffe zu verladen, wobei außerdem gleichzeitig 200 t/h Salz aus den Flußkähnen in die Hallen zum Speichern gefördert werden kann. Der Kraftbedarf dürfte zwischen 300 und 400 PS schwanken. Ermittlungen hierüber werden noch von der Betriebsleitung angestellt zu dem weiteren Zweck, auch noch die höchste Spitzenbelastung festzustellen, da beabsichtigt ist, unter Umständen ein eigenes Kraftwerk zu errichten. Die Gesamthöchstleistung aller eingebauten Elektromotoren beträgt rd. 1000 PS. Die Anlage arbeitet bisher zur Zufriedenheit der Betriebsleitung.

Insgesamt sind 35 Förderbandanlagen mit mehr als 2200 m Gesamtlänge eingebaut, die in ihrem Arbeitsgang genau aufeinander abgestimmt sind und auf den hier vorkommenden Entfernungen wohl das wirtschaftlichste Fördermittel für Massengüter darstellen. Die fünf senkrechten Becherwerke sind mit Rücksicht auf die Platzersparnis gegenüber Schrägförderbändern gewählt worden. Insbesondere in dem siebenstöckigen Absackgebäude wäre eine andere konstruktive Lösung kaum so wirtschaftlich gewesen.

Eine Heizung der gesamten Anlage hat man im Gegensatz zur Hamburger Anlage des Deutschen Kalisyndikats nicht vorgesehen. Die Betriebsleitung glaubt, von einer Heizung absehen zu können, da sie zu kostspielig ist. Nur die Räume im Absackgebäude, in denen Arbeiter mit Kleinarbeit beschäftigt sind, werden geheizt.

Entgegen der Hamburger Anlage hat man auch den Kratzer mit der Mahlanlage nicht in einer großen Maschine vereinigt. Für die hier gewählte Anordnung spricht jedenfalls, daß das zusammengebackene Salz erst unmittelbar, bevor es in die Säcke gefüllt wird, zerkleinert wird, während es auf dem immerhin ziemlich langen Wege zwischen Kratzer und Absackwaagen Gelegenheit hat, wieder zusammenzubacken. In der Hamburger Anlage wird diese Gefahr allerdings durch die Beheizung der Räume gebannt.

Bau und Inbetriebnahme

Im Frühjahr 1926 wurde mit den Ausschachtungsarbeiten begonnen. Da der Baugrund sehr schlecht war, mußte man die Gebäude auf insgesamt 3500 Betonsenkpfähle setzen. Die Firma Züblin & Co., Straßburg, der die Ausführung der Bauarbeiten übertragen war, hat als Baustoff für die Hallen Beton gewählt. Zum Herbst des gleichen Jahres konnte man an den Einbau der Förderanlagen gehen. Da auch im folgenden Winter, trotz großer Kälte, an den 20 m hohen Eisengerüsten und in den ungedeckten Hallen gearbeitet wurde, konnte nach etwa einjähriger Bauzeit die Anlage in Betrieb genommen werden. Die drei fahrbaren, über 20 t schweren Verladebrücken mußte man wegen Platzmangels quer zu ihrer Fahrtrichtung am Boden zusammenbauen, sodann mittels hoher Masten und Windwerke hochziehen und freischwebend um 45° schwenken.

Die Gesamtlieferungen für die Verladeeinrichtungen und Eisenkonstruktion betrugen rd. 1550 t. Zur Bedachung der Förderbrücken wählte man Eternitplatten, weil es gegenüber den Kaliausdünstungen und Witterungseinflüssen weniger empfindlich ist als die sonst übliche Wellblechverkleidung. Für die Hallen wurden u. a. ungefähr 16 000 m³ Beton verarbeitet, außerdem 1 100 000 Ziegelsteine.

[B 1969]

Das Verhalten von Sika-Verputz und Sika-Dichtungen

Auf Mörtel und Beton aus Portlandzement oder aus hydraulischem Kalk üben kalkarmes, weiches Wasser sowie hartes, gipshaltiges Wasser erfahrungsgemäß eine zerstörende Wirkung aus. Kalkarmes, weiches Wasser entzieht dem Mörtel oder Beton beim Abbindeprozeß begierig den Kalk in Form von löslichem Kalkhydrat $Ca(OH)_2$ und bewirkt dadurch den Zerfall des Betons oder Mörtels. Wenn das kalkarme Wasser außerdem noch reich an freier Kohlensäure ist, so wird der Zerstörungsvorgang im Beton noch dadurch beschleunigt, daß sich die freie Kohlensäure mit dem Kalk des Betons in Form von im Wasser löslichem Kalziumbikarbonat $CaH_2(CO_3)_2$ verbindet, das von dem weichen Wasser ebenfalls begierig aufgenommen wird. Sind im Wasser Gips oder Bittersalz in einem bestimmten Mischverhältnis vorhanden, so wird das Gefüge des Mörtels durch den sogenannten Treibvorgang zerstört; dieses Treiben ist die Folge von Volumenvergrößerungen, die durch die eintretenden chemischen Vorgänge verursacht werden.

Als Dichtungsmittel für Mörtel und Beton, die den eben beschriebenen Einflüssen ausgesetzt sind, wird u. a. Sika verwendet, das die herstellende Firma Kaspar Winkler & Co., G. m. b. H., Durmersheim in Baden, in fünf Arten für die verschiedenen Verwendungszwecke liefert.

Betonbehälter für Kondensations- oder Regenwasser erhalten einen Verputz, dem Sika 1 zugesetzt wird. Sika 1 eignet sich als Dichtungsmittel überall da, wo der Einfluß des angreifenden Wassers erst nach Erhärten einsetzt. Prof. Roš von der Eidgen. Materialprüfungsanstalt, Zürich, hat den Verputz Sika 1 mehrerer Kondensationswasserbehälter untersucht[1]), der sich für eine Zeitdauer bis zu 10 Betriebjahren als vollkommen dicht, rißfrei und hart erwiesen hat. Die Kondensationswasser waren bis zu 80 °C warm, sehr weich und arm an zerstörender Kohlensäure.

Anläßlich der Einführung des elektrischen Betriebes auf der Gotthardbahn vor rd. 10 Jahren wurden die Gewölbeausmauerungen der Tunnel über den Fahrdrahtleitungen mit Zementmörtel, dem Sika zugesetzt war, gegen Wasser und Nässe gedichtet. Die Gebirgswasser des Gotthardmassivs sind hauptsächlich kalkarmes Granitwasser mit etwas freier Kohlensäure; vereinzelt kommen auch ausgesprochene Gipswasser vor. Zur Dichtung diente im allgemeinen Sika 3; an Stellen, wo während der Dichtungsarbeiten Gebirgswasser unter Druck, oft sogar in Form von stärkeren Wasserstrahlen, durchtrat, wurde ein Zementmörtel mit Sika 4 verwendet.

Bei der Prüfung[2]) hat Professor Roš genaue Analysen der an verschiedenen Stellen entnommenen Sickerwasser gemacht und festgestellt, daß sich die Sikadichtungen in den verflossenen 10 Jahren trotz Nässe, Wärme und Frost gegen die Einwirkungen der kalkhungrigen Gebirgswasser und den Angriff ausgesprochener Gipswasser vollkommen dicht gezeigt haben. Die Gebirgswasser wurden durch die Dichtungen nach den nicht abgedichteten Seiten der Tunnelausmauerung abgedrängt. [N 2056] Ha.

[1]) „Feststellungen über das Verhalten von Sika-Verputzen gegenüber der Einwirkung von Kondenswassern in Heißwasser-Behältern." Berlin 1928, Julius Springer. 3 S. Preis 0,50 RM

[2]) „Feststellungen über das Verhalten von Sika-Dichtungen gegenüber der Einwirkung kalkarmer oder gipshaltiger Gebirgswasser in den Tunneln der Gotthardlinie der Schweizer Bundesbahnen.. Berlin 1928, Julius Springer. 17 S. m. 1 Taf. Preis 1,20 RM

laschinen für Härteprüfungen, technologische Versuche und Verschleiß-prüfungen an metallischen Werkstoffen

Von W. Deutsch und G. Fiek, Berlin-Dahlem

Prüfmaschinen der Werkstoffschau Berlin 1927. — Kugeldruckpressen, Rückprallhärteprüfer, Fall- und Schlaghärteprüfer, Ritzhärteprüfer, Hin- und Herbiegevorrichtung, Rückfederungsprüfer, Federblech-Prüfgerät, Tiefziehprüfer, Geräte für Falt- und Verwindeversuche; Verschleißprüfmaschinen.

Außer den eigentlichen Festigkeitsprüfmaschinen, mit denen Zug-, Druck-, Biege-, Verdrehungs- und Schlagversuche ausgeführt werden und die wir in Z. Nr. 34 S. 1173 behandelt haben, verwendet man für die nechanische Prüfung der Metalle noch Maschinen und Vorrichtungen, die dazu dienen, die Härte und die Form-nderungsfähigkeit durch technologische Versuche sowie len Verschleißwiderstand zu bestimmen[1]).

Härteprüfmaschinen

Von älteren und neueren Geräten und Maschinen für lie Härteprüfung zeigte die Werkstoffschau 1927 eine fast vollständige Zusammenstellung der bekannten Bauarten. Man unterscheidet Vorrichtungen zur Ausführung von vier grundsätzlich verschiedenen Härteprüfverfahren, und zwar: Kugeldruckpressen, Rückprallhärteprüfer, Fall- und Schlag-närteprüfer und Ritzhärteprüfer. Auf den Kugeldruck-pressen, von denen Abb. 1 bis 10 einige Bauarten zeigen und die von fast allen Prüfmaschinenfabriken gebaut werden, führt man die Prüfung nach Din 1605 durch. Mit einer Stahlkugel werden unter statischem Druck Eindrücke erzeugt, deren Durchmesser nach dem Versuch ausgemessen werden. Der Quotient aus Belastung und Kalottenoberfläche des Eindruckes ist die Brinellsche Härtezahl. Das weitverbreitete Verfahren erfordert mehrere nacheinander durchzuführende Vorgänge (Eindrücken, Messen, Berechnen), die ihm häufig als Mängel nachgesagt werden, wenn auch zweckmäßige Meßmikroskope und Rechentafeln die Arbeiten sehr erleichtern können.

Um diese Arbeiten zu vermeiden, sind neuerdings die meisten Härteprüfmaschinen mit Meßvorrichtungen ausgerüstet, an denen man unmittelbar beim Eindrücken der Kugel die Eindringtiefe ablesen kann. Die Bewegung des Druckstückes zum Maschinengestell oder zur Probenoberfläche wird gemessen. Nach diesem Wert ist dann aus einer Zahlentafel die Härtezahl zu entnehmen. Man vermeidet so das Ausmessen des Eindruckdurchmessers, erhält aber die Größe der Kalottenfläche nicht nach dem Entlasten, wie bei den üblichen Verfahren, sondern unter der Belastung. Die Messung enthält also alle elastischen Formänderungen der Kugel, der Kalotte und der Probe und muß zu andern Härtezahlen führen. Ob die Unterschiede zwischen den Ergebnissen beider Verfahren vernachlässigt werden können, steht noch nicht fest. Das Arbeiten der Tiefenmesser ist sorgfältig zu prüfen und zu überwachen.

[1]) Die Dauerprüfmaschinen werden wir in einem weiteren Aufsatz darstellen.

Abb. 1
Kugeldruckpresse nach Brinell mit Laufgewichtwaage, Bauart Mohr & Federhaff.

Die Messung der Eindringtiefe beim Kugeldruckversuch, die früher bereits von Martens und Heyn vorgeschlagen wurde, ist neuerdings durch den Rockwellprüfer, Abb. 11 und 12, wieder in den Vordergrund gerückt. Bei der Rockwellprüfung verwendet man eine sehr kleine Stahlkugel oder einen Diamantkegel. Unter einer Vorlast wird der Zeiger des Tiefenmessers auf null gestellt. Dann wird

Abb. 2
Kugeldruckpresse nach Brinell. (Aktiebolaget Alpha Stockholm.)
a Probe
b Arbeitskolben
c Belastungskolben
d Druckflüssigkeit

Abb. 3
Kugeldruckpresse mit Hebelwaage (vergl. Abb. 4).
a Probe *b* Belastungsgewicht
c Antrieb

Abb. 4
Kugeldruckpresse mit Hebelwaage, Bauart Mohr & Federhaff.

Abb. 5
Kugeldruck-Schnellpresse, Bauart Losenhausen (s. a. Abb. 6).

Abb. 7
Kugeldruckpresse mit Meßdose, Bauart Losenhausen (s. a. Abb. 8).

Abb. 11
Rockwellprüfer.

die Hauptlast aufgebracht und wieder abgehoben, so daß die Eindrucktiefe unter der aufbleibenden Vorlast abgelesen wird. Wegen der sehr kleinen Eindrücke muß die als Tiefenmesser benutzte Meßuhr außerordentlich genau sein. Man kann die Rockwellhärte nicht ohne weiteres in die Brinellhärte umrechnen. Die Feststellungen, inwieweit sie davon abweicht, sind noch Aufgabe der Forschung. In den Vereinigten Staaten ist eine Normung des Rockwellverfahrens in Vorbereitung. Die oben angeführten Fehler beim Tiefenmeßverfahren dürften auch bei diesem Verfahren nicht ganz zu vermeiden sein. Jedenfalls zeigen die bisherigen Untersuchungen, daß Art und Lagerung der Probe das Ergebnis beeinflussen.

Ein dem Rockwellprüfer gleiches Gerät wird von der Firma Hessenmüller, Ludwigshafen, gebaut. Es verwendet jedoch bei einer Kugel von 2,5 mm Dmr. die Belastungen nach DIN 1605. Das gleiche Verfahren der Tiefenmessung mit Vorlast hat Wazau, Berlin-Tempelhof, bei seinem Härteprüfer angewendet, bei dem die Kraft durch elastische Formänderung des Maschinenrahmens gemessen wird.

Bei einer selbsttätigen Kugeldruckpresse, Abb. 13, wird die Belastung und Entlastung elektrisch betätigt. Der Eindruckdurchmesser wird unter der Last mit einer neuartigen Vorrichtung ausgemessen. Durch schräge Beleuchtung der blanken Oberfläche der Probe wird das

Abb. 9
Kugeldruckpresse mit Hebelwaage, Bauart Schopper (s. a. Abb. 10).

Abb. 13
Selbsttätige Kugeldruckpresse, Bauart Wilk.

Abb. 6
Kugeldruck-Schnellpresse.
a Probe *b* Belastungshebel *c* Meßdose *d* Tiefenmesser

Abb. 8
Kugeldruckpresse mit Meßdose (vergl. Abb. 7).
a Probe *b* Eindrucktiefenmesser *c* Meßdose *d* Antrieb

Abb. 10
Kugeldruckpresse (vergl. Abb. 9).
a Probe
b Eindrucktiefenmesser

Abb. 12
Rockwellprüfer (vergl. Abb. 11).
a Probe *b* Tiefenmesser *c* Zusatzlast *d* Vorlast *e* Sperrhebel

Schattenbild der eingedrungenen Kugel auf eine Mattscheibe mit Maßstab geworfen. Der Durchmesser des Eindruckes erscheint an der Berührungsstelle von Kugel und Schattenbild. Auf diese Weise wird ebenfalls die nachträgliche Ausmessung des Eindruckes vermieden. Die Messung scheint genügend genau zu sein.

In letzter Zeit sind auch einige ortbewegliche Härteprüfer gut durchgebildet worden. Abb. 14 und 15 zeigen eine Prüfzwinge, bei der die Kraft an der elastischen Formänderung des Rahmens gemessen wird. Das Gerät, Abb. 16 und 17, eignet sich besonders für Schienenprüfungen. Die Belastung wird mit der Hand durch Bewegen der Druckspindel gegen den mit Zangen versehenen Hauptteil aufgebracht und an der oben liegenden Meßdose gemessen.

Das Skleroskop nach Shore, Abb. 18, wird seit einiger Zeit in neuer Ausführung gebaut. Der Hammer ist erheblich schwerer als bei der älteren Bauart; die Fallhöhe ist auf 19 mm herabgesetzt. Die Rücksprunghöhe wird nicht mehr mit dem Auge an einer Skala beobachtet, sondern an einer Meßuhr angezeigt. Durch Drehen eines

Abb. 15
Kugeldruck-Prüfzwinge für Brinell-Härteprüfung (vergl. Abb. 14).
a Probe
b Kraftanzeiger
c Antrieb

Abb. 17
Ortbewegliche Kugeldruckpresse (vergl. Abb. 16).
a Probe *b* Meßdose
c Antrieb

Abb. 14
Kugeldruck-Prüfzwinge für Brinell-Härteprüfung, Bauart Mohr & Federhaff.

Abb. 16
Ortbewegliche Kugeldruckpresse, Bauart Losenhausen.

Abb. 18
Skleroskop nach Shore.

Abb. 19
Rückprall-Härteprüfer.
(Duroskop.)
a Probe
b Pendelhammer
c Schleppzeiger

kleinen Handrades um etwa 90° wird der Hammer in seine Hochlage gebracht und durch Anschlag ausgelöst. Auf der Rücksprunghöhe wird er selbsttätig festgehalten. Die Sprunghöhe wird durch den am Oberende des Hammers aufsetzenden Stift der Meßuhr auf den Zeiger übertragen. Das Skleroskop ist für rasche Vergleichprüfungen gleicher Probestücke (Werkstattnachprüfung) sehr gut geeignet, wenn die Fehler, die von ungenügender Auflage der Probe und von unsauberer Bearbeitung der Oberfläche herrühren, vermieden werden.

Das Duroskop, Abb. 19, besteht aus einem flachen, hochkant stehenden Kästchen, in dem ein kleiner Pendelhammer schwingen kann. Das Kästchen wird mit der Anlagefläche fest gegen die senkrecht stehende Prüffläche gehalten, der Hammer wird angehoben und ausgelöst und schlägt durch eine Öffnung der Stirnfläche gegen die Probe. Die Rückprallhöhe wird an einer Kreisteilung durch Schleppzeiger angezeigt und gilt als Härtezahl. Das Verfahren ist einfach und rasch durchzuführen. Es hat aber, wie alle dynamischen Härteprüfungen, den Nachteil, daß die Masse des Prüfstückes und die Art seiner Lagerung die Rückprallhöhe stark beeinflussen. Die Proben müssen also entweder im Vergleich zum Hammer sehr schwer sein oder sie müssen fest an einer genügend großen Masse, die als Amboß dient, anliegen.

Skleroskop und Duroskop liefern als Beobachtungswerte die Härtezahlen, so daß das Ausmessen von Eindrücken fortfällt. Die Härtewerte entsprechen jedoch nicht den Brinellwerten, da die Höhe des Rückpralls von andern Eigenschaften des Stoffes abhängt, als die Eindringtiefe beim Kugeldruckversuch.

Beim Fallhärteprüfer, Abb. 20, der von Wüst und Bardenheuer angegeben ist, wird die Schlagarbeit eines freifallenden Gewichtes, das unten die Kugel trägt, zur Erzeugung des Kugeleindruckes benutzt. Der Bär fällt aus seiner Ausgangslage durch den unteren Ausleger und trifft mit einer Fallarbeit von 300 oder 500 mmkg auf die Probe. Er springt durch den Ausleger zurück und wird zur Vermeidung von mehrmaligem Aufschlagen durch zwei beim Rücksprung ausgelöste Nasen im Ausleger festgehalten.

Zur Ausführung von Kugelschlagversuchen dienen die nach Art der Federkörner arbeitenden Schlaghärteprüfer[2]) oder Schlaghämmer, Abb. 21 und 22. Durch Anpressen des Druckstückes mit der Kugel an das Probestück wird eine Feder gespannt, die schließlich ausgelöst wird und mit bestimmter Schlagarbeit die Kugel in die Probe treibt. Aus der Größe des Eindruckdurchmessers ermittelt man an der Hand einer Kurve die Kugeldruckhärte nach Brinell. Wegen der im Vergleich zu andern dynamischen Härteprüfungen verhältnismäßig großen Schlagarbeit muß hierbei besonders auf einwandfreie Versuchsausführung geachtet werden. Der Hammer muß senkrecht die Probenoberfläche treffen, das Probestück muß entweder durch seine eigene Masse oder in Verbindung mit der Unterlage fest liegen. Ungleiche Massen und Federung verwässern die Ergebnisse. Man sollte nur dann aus der Kugelschlagprüfung ermittelte Brinellwerte angeben, wenn man sich selbst davon überzeugt hat, daß die angegebenen Umwertungskurven für den betreffenden Werkstoff einwandfrei brauchbar sind. Lieber sollte man auf die Feststellung von Brinellwerten mit dem Schlaghammer ganz verzichten und ihn da ausgiebig benutzen, wo seine Verwendung allen andern Geräten überlegen ist: zu Vergleichversuchen, im Werkstofflager und zur überschlägigen Härteprüfung an schwer zugänglichen Teilen.

[2]) Vergl. hierzu auch die ausführliche Abhandlung von Claß Heft 296 der Forschungsarb. des Vereines deutscher Ingenieure.

Abb. 20
Fallhärteprüfer nach Wüst und Bardenheuer.

Abb. 24
Hin- und Herbiegevorrichtung für Drähte und Bleche.

Abb. 21 und 22
Schlaghärteprüfer.
a Probe *b* Schlagbolzen *c* Hammer *d* Schlagfeder

Abb. 23
Ritzhärteprüfer nach Martens.
a Probe *b* Diamantspitze *c* Laufgewicht

Die Verwendung des Ritzhärteprüfers nach Martens, Abb. 23, ist an manche Bedingung geknüpft. Ausreichende Übung und Erfahrung des Prüfers, Überwachung des Gerätes durch Vergleichversuche und vorsichtige Verwertung der Ergebnisse sind unerläßlich. Bei der Prüfung von sehr harten Stoffen wird die Ritzhärteprüfung zum Teil durch die Rockwellprüfung zu ersetzen sein. Das Gerät ist seit Martens unverändert.

Vorrichtungen für technologische Versuche

Bei technologischen Prüfungen werden die Proben meist nur auf ihre Formänderungsfähigkeit geprüft. Das älteste Verfahren ist der Hin- und Herbiegeversuch, Abb. 24 und 25, bei dem Probeabschnitte um Zylinder bestimmter Durchmesser hin- und hergebogen werden. Die Zahl der Biegungen bis zum Bruch gibt ein Maß für die Formänderungsfähigkeit.

Für die Verwendung in elektrischen Schaltgeräten und ähnlichen Geräten müssen die Bleche eine bestimmte Elastizität aufweisen. Zur Feststellung dieser Eigenschaft werden besondere Vorrichtungen benutzt. Bei dem Gerät, Abb. 26, werden Blechstreifen um einen bestimmten Winkel um einen Zylinder gebogen; ermittelt wird, bis zu welchem Winkel das Probestück elastisch zurückfedert. Aus Betriebserfahrungen und Vergleichversuchen nach diesem Verfahren erhält man eine Wertskala, nach der man ungeeignete Bleche von der Verarbeitung ausschließen kann.

Ein anderes Gerät, Abb. 27, bezweckt eine eingehendere Erprobung. Blechstreifen bestimmter Breite und Länge werden zunächst in der Prüfvorrichtung einseitig fest eingespannt und an einem nach der Blechdicke gewählten Hebelarm am freien Ende durch ein bestimmtes Gewicht belastet. Die Durchbiegung liest man mit einem Mikroskop, das eine feine Teilung enthält, ab. Die Teilung gibt außerdem sofort den Elastizitätsmodul des Metalles an. Dann wird der gleiche Blechstreifen in dem gleichen Gerät durch einen verstellbaren Exzenterantrieb wiederholt (je 50mal) um ein bestimmtes Maß durchgebogen. Die Durchbiegungen werden stufenweise so lange gesteigert, bis eine bestimmte bleibende Durchbiegung erreicht wird. Aus der Durchbiegung, bei der die bleibende Verformung gerade noch nicht erreicht war, und dem vorher bestimmten Elastizitätsmodul ergibt sich in einfacher Weise die an dem Probestab wirksam gewesene Biegungsbeanspruchung. Auch bei diesem Prüfverfahren werden die Bleche, die eine nach den Erfahrungen des Werkes erforderliche Beanspruchung nicht aushalten, von der Weiterverarbeitung ausgeschieden. Das Gerät arbeitet zum Teil selbsttätig und kann als treffendes Beispiel dafür angesehen werden, wie ein Betrieb mit ver-

Abb. 25
Hin- und Herbiegevorrichtung für Drähte und Bleche (vergl. Abb. 24).
a Probe *b* Mitnehmer *c* Spannbacken

Abb. 26
Rückfederungsprüfer.
a Probe *b* Bogenskala

Abb. 27
Federblech-Prüfgerät, Bauart Siemens & Halske.
a Probe *b* Exzenter *c* Antrieb

Abb. 28
Blech-Tiefziehprüfer (Erichsen).
a Probe *b* Spiegel *c* Skala zum Ablesen der Vertiefung *d* Mitnehmerstift

Abb. 29
Tiefziehprüfer (Guillery).
a Probe
b Blechdickenmesser
c Bajonettverschluß
d Vertiefmesser
e Druckmesser
f Antrieb

Abb. 30
Faltmaschine mit Handantrieb.
a Probe *b* Biegedorn *c* Antrieb

Abb. 31
Verwindeprüfer.
a Probe *b* Zählwerk *c* Antrieb

hältnismäßig einfachen, aber gut durchdachten Prüfverfahren eine genaue Überwachung seiner Werkstoffe für Sonderzwecke durchführen kann.

Eine weitere, bereits viel verbreitete Prüfung für die Formänderungsfähigkeit von Blechen ist der Tiefziehversuch nach Erichsen, für die das Sondergerät, Abb. 28, dient. Ein Blechabschnitt wird auf einen Ring gespannt und durch eine an der Schraubenspindel befestigte Kugel belastet, so daß eine kalottenförmige Durchbeulung entsteht, die schließlich einreißt. Die Durchbeulung wird an dem Prüfer unmittelbar abgelesen und gilt als Maß für die Tiefziehfähigkeit. Mit der Vorrichtung, Abb. 29, kann man außerdem die Druckkraft beim Tiefen messen.

Das gleiche Verfahren kann natürlich auch in jeder Druckpresse ausgeführt werden, wenn entsprechende Hilfseinrichtungen, Matrize und Stempel, vorhanden sind. Auf diese Weise ist es möglich, neben der erzielbaren Durchbeulung auch die Formänderungswiderstände beim Drücken oder Ziehen festzustellen, was für die Beurteilung der Blecheigenschaften von Vorteil sein kann. Für weitere technologische Versuche, z. B. die häufig auszuführenden Faltversuche mit Flach- und Rundstäben, verwendet man die Vorrichtung nach Abb. 30 und für Verwindeversuche mit Drähten den Verwindeprüfer, Abb. 31.

Verschleißprüfmaschinen

Zur Prüfung der Metalle auf Widerstand gegen Abnutzung sind drei Verfahren üblich. Ein unmittelbarer Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Verfahren ist aber noch nicht möglich.

Der Ausschuß für Verschleißprüfung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen in der Technik ist damit beschäftigt, zu erforschen, inwieweit die Ergebnisse untereinander, mit andern Werkstoffeigenschaften und mit den Erfahrungen der Praxis sich decken. Das Grundverfahren der für die Versuche benutzten drei Maschinen beruht in der Hauptsache darauf, daß die Probe unter bestimmtem Druck mit mehr oder weniger großem Schlupf gegen eine umlaufende Prüfscheibe bestimmter Festigkeit arbeitet. Die verschiedenen Versuchsbedingungen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Die schematische Anordnung der Maschine, Bauart Spindel, zeigt Abb. 32. Als Maßstab für die Widerstandfähigkeit gegen Abnutzung dient in erster Linie der Werkstoffverlust, der entweder durch Wägung oder Messung festgestellt wird. Außerdem wird die Veränderung der Arbeitsflächen zur Beurteilung in Betracht gezogen.

Die Entwicklung des Prüfmaschinenbaues für Härteprüfung, technologische und Verschleißversuche ist durchaus noch nicht abgeschlossen. Die Versuchseinrichtungen hierfür lassen sich den Bedürfnissen der Praxis noch mehr anpassen, konstruktiv noch wesentlich verbessern. Vor allen Dingen müssen sie vereinheitlicht werden, damit die auf verschiedenen Geräten ermittelten Werte für die gleiche Eigenschaft des Werkstoffes vergleichbar sind.

Zu dem Aufsatz über Maschinen für die Festigkeitsprüfung metallischer Werkstoffe in Z. Nr. 34 ist noch zu ergänzen, daß die Druckpresse des Laboratoriums für Tonindustrie, Abb. 30 und 31, S. 1179, mit eingeschliffenem Kolben, ohne Manschettendichtung arbeitet. [B 1468]

Zahlentafel 1

Verfahren	Schema	Abmessungen des Probestückes mm	Abmessungen der Prüfscheibe mm	Werkstoff der Prüfscheibe	Versuchsbedingungen
Spindel		beliebig	$D = 320$ $b = 1$	Stahl von 60 kg/mm² Festigkeit	Umfangsgeschwindigkeit 30 m/s, Schlupf 100 vH, Druck 5 kg
Mohr & Federhaff		$D = 50$ $b = 20$	$D = 100$ $b = 20$	beliebig, gleicher Werkstoff wie die Probe oder auch Stahl, feilenhart	Drehzahl 400 U/min, Schlupf 1 vH, Druck 200 kg
Amsler		$D = 40$ $b = 10$	$D = 40$ $b = 10$	beliebig, z. B. Stahl von 95 kg/mm² Festigkeit, geglüht oder feilenhart	Drehzahl 200 U/min, Schlupf 1 vH, Druck 100 kg

Abb. 32
Abnutzungs-Prüfmaschine, Bauart Spindel.
a Probe *b* Prüfscheibe *c* Belastungsgewicht

Dampftechnik

Fachsitzung gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Essen 1928.

Auszüge aus den Vorträgen von Berl „Neuere Speisewasser-Forschungen" und von Eberle „Wärmeleitzahlen von Kesselsteinen". — Ausführliche Aussprache über die beiden Vorträge.

Die überaus stark besuchte Fachsitzung wurde von rof. Eberle, Darmstadt, mit einer Begrüßung der An-esenden eröffnet. Der Verein deutscher Ingenieure habe or einigen Jahren einen Speisewasserausschuß 'egründet, der das Bedürfnis habe, daß ein Teil seiner .rbeiten hier vorgelegt werden solle, um Anregungen zu eben und in der Aussprache Anregungen zu empfangen ir die weitere Arbeit.

Prof. Dr. Berl, Darmstadt, erstattete sodann folgenden, ier nur in kurzem Auszug mitgeteilten Bericht über

neuere Speisewasser-Forschungen[1]).

Die Arbeiten des Speisewasserausschusses im Verein eutscher Ingenieure sollen dazu beitragen, in den Chemis-nus des Angriffs von Wasser und Salzlösungen auf Kessel-austoffe Klarheit zu bringen. Die Versuche wurden wecks Beschleunigung der bei normalen Betriebsdrücken ngsam verlaufenden Kesselvorgänge bei 100 und 200 at .urchgeführt. An Stelle von Eisenblechen wurde Eisen-ulver verwendet. Dadurch wurden analytisch besser be-timmbare Oxydationsgrade erhalten. Beide Maß-ıahmen, Temperaturerhöhung und Ober-lächenvergrößerung, haben keine grund-ätzliche Änderung des Wesens der Reak-ion zwischen Eisen und Wasser zur Folge. Die Versuche wurden in Schüttelbomben durch-geführt. Mittels Thermomanometer wurde die Temperatur konstant gehalten, im Gegensatz zu den früher isobar aus-geführten eigenen Arbeiten. Aus der Abhängigkeit der Wasserstoffentwicklung von der Zeit ergibt sich, daß schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit die Einwirkung der Lösun-gen auf Eisen durch Entstehung von schützenden Oxyd-schichten zum Stillstand kommt, Abb. 1[2]).

Der durch Röntgendiagramme und Versuche mit Ferro-hydroxyd festgestellte Chemismus ist folgender: Wasser zerfällt, wie bekannt, mit steigender Temperatur stärker in seine Ionen. Bei Hochdruckbedingungen wirkt es infolge der erhöhten Konzentration von Wasserstoffionen als eine recht schwache Säure. Das Eisen setzt sich mit dem H + ion zu Eisenionen und gasförmigem Wasserstoff um. Das Fe + + ion reagiert mit dem OH — ion unter Bildung von $Fe(OH)_2$, und dieses wird durch Wasser bei hohen Temperaturen unter nochmaliger Wasserstoffentwicklung zu Fe_3O_4 oxydiert.

Destilliertes Wasser greift Eisen nur sehr gering an. Ganz schwach alkalisches Wasser korrodiert noch weniger. Bei hohen Laugenstärken erfolgt ein überaus starker che-mischer Angriff. Für den Fall der Rückführung von luft- und kohlendioxydfreiem Kondensat ist die Verwendung von Destillat als Speisewasser zweifelsfrei günstig. Wenn aber bei starkem Verbrauch von Heizdampf chemisch gereinigtes Wasser nachgespeist werden muß, können infolge Kausti-fizierung von im Überschuß vorhandenem Karbonat hohe Laugenkonzentrationen in Nietnahtkapillaren oder Über-lappungen auftreten. Daher sind Nietstellen möglichst zu vermeiden. Die von Parr zuerst studierte kaustische Sprödigkeit kommt nach Ergebnissen eigener metallogra-phischer Untersuchungen dadurch zustande, daß starke Lauge sulfidische und phosphidische Bestandteile des Eisens löst und hierdurch den Gefügeverband lockert.

Die schädigende Wirkung von Lauge kann durch Zu-satz von Natriumsulfat sehr erheblich herabgesetzt wer-den. Schon sehr geringe Sulfatkonzentrationen von 0,01 Mol/l wirken bis zu 50 g NaOH/l vollständig korro-sionsaufhebend, Abb. 2. Auch tertiäres Natriumphosphat (sekundäres Phosphat bei Laugenüberschuß) wirkt schützend, doch ist das Sulfat vorzuziehen, da es selbst bei Sättigungskonzentrationen, also im Falle von Kapillar-wirkung, völlig unschädlich für Eisen bleibt. Das sekun-däre Phosphat (ohne Laugenzusatz) wirkt dagegen mit stei-gender Konzentration sehr deutlich schädlich.

In weiteren Versuchen wurde die zerstörende Wirkung von Chlormagnesium auf Kesselbaustoff neuerdings dar-gelegt, die ihren Grund in der starken hydrolytischen Spal-tung dieser Verbindung hat, Abb. 3. Eisenpulver wird hier-bei bei Drücken von 100 at vollständig zu Fe_3O_4 oxydiert. Magnesiumsulfat erweist sich wesentlich harmloser als Magnesiumchlorid. Die Hydrolyse, welche bei Chlormagne-sium zur Salzsäurebildung führt, ist beim Chlorcalcium schon sehr vermindert, und dementsprechend ist der An-griff dieses Salzes viel geringer. Im kaum hydrolysierten Kochsalz ist er nur noch sehr gering. Die Magnesium-entfernung aus Speisewasser sollte daher statt mit Kalk (Bildung von $CaCl_2$) besser mit Ätznatron (Bildung von NaCl) durchgeführt werden. Für den Fall der Anwesen-heit von Chlormagnesium im Kessel bietet wiederum der Zusatz von Natriumsulfat einen Schutz. Durch röntgen-spektroskopische Diagramme der verschieden behandelten Pulver konnte nachgewiesen werden, daß dieser Schutz nicht, wie Thiel vermutet, auf einer wesentlichen Ände-rung des Reaktionsverlaufes beruht, der mit der Entstehung chemisch andersartiger Oxyde verbunden sei. Es konnte in allen Fällen nur die Bildung von Mischungen von FeO mit Fe_3O_4 nachgewiesen werden. Vielmehr liegt Grund zur Annahme vor, daß die ausgezeichnete Wirkung des Sulfats auf Neubildung von schützenden Deckschichten beruht.

Es wurden ferner noch Messungen des Säurecharakters von Salzlösungen durch Feststellung der p_H-Werte auf po-tentiometrischem Wege ausgeführt. Die Art des Rück-

[1]) Bisher sind folgende ausführliche Berichte erschienen: „Untersuchungen über die Einwirkung von Laugen und verschiedenen Salzen auf Eisen", von E. Berl, H. Staudinger und K. Plagge, Forschungsheft 295, Festgabe für C. v. Bach, Berlin 1927; „Über die Entkieselung von kieselsäurehaltigen Wässern", von E. Berl und H. Staudinger, Z. Bd. 71 (1927) S. 1654; „Über die Schutzwirkung von Natriumsulfat bei der Einwirkung von Laugen und Salzen auf Flußeisen unter Hochdruck", von E. Berl und F. van Taack, Arch. f. Wärmewirtschaft Bd. 9 (1928) Nr. 6 S. 165.

[2]) Nach 7stündiger Erhitzung wurde der Versuch abgebrochen. Der Überdruck im Thermomanometer ging auf null zurück, das Bombenmanometer erweist den durch den gebildeten Wasserstoff erzeugten verbleibenden Druck.

Abb. 1
Wasserstoffentwicklung aus Fe und $MgCl_2$ bei 100 at

Abb. 2
Angriff durch Lauge bei An- und Abwesenheit andrer Salze (0,01 Mol/l bei 100 at).

Abb. 3
Angriff von Chlormagnesium und Salzsäure mit steigenden Zusätzen von Sulfat (Kochsalz) auf Eisen bei 100 at.

ganges der Wasserstoffionen-Konzentrationen von Salzsäure durch Sulfat- oder Chloridzusätze steht in völliger Übereinstimmung mit der entsprechenden Änderung des Angriffs. Der Rückgang der aktuellen Acidität von Salzsäure bzw. Chlormagnesium durch Sulfatzusatz ist als einer der Gründe für den Korrosionsschutz des Sulfats anzusehen.

Die schützende Oxydschicht ließ sich auch durch eine Vorbehandlung des Materials mit Wasser, Sulfat oder schwacher Lauge bei 100 at erzielen und blieb bis zu 50 g NaOH/l bei der Nachbehandlung völlig unverletzt und schützend. Die Ausbildung von Gashäuten ließ sich nicht nachweisen.

Die Wirkung des Chlormagnesiums, welche zur restlosen Bildung von Eisenoxyden führt, kann dadurch erklärt werden, daß das zuerst gebildete Reaktionsprodukt, das Fe_3O_4, von der durch Hydrolyse gebildeten Salzsäure gelöst wird und daher nicht wie bei der Laugenkorrosion die Eisenoberfläche schützend bedeckt. Das Eisen geht vollständig als $FeCl_2$ in Lösung. Dieses wird von dem bei der Hydrolyse entstandenen Magnesiumhydroxyd als Ferrohydroxyd gefällt. Aus diesem entsteht durch Oxydation mit Wasser auf dem Eisen nicht festhaftendes feinpulvriges Fe_3O_4. Das Chlormagnesium wird hierbei zurückgebildet und ist darnach als eine Art Katalysator anzusprechen. In Chlormagnesiumlösungen ist der Sulfatschutz abhängig von der Konzentration des Sulfates, im Gegensatz zur Laugenkorrosion. Die Auffassung, daß die Schutzwirkung des Sulfates nach: $Na_2SO_4 + HCl \rightleftarrows NaHSO_4 + NaCl$ auf einer Bildung von Natriumbisulfat beruht, wurde durch Versuche widerlegt, bei denen die überaus schädigende Wirkung des Bisulfates zutage trat. Eine Reduktion des Sulfates durch nascierenden Wasserstoff konnte nicht festgestellt werden.

Ein Schutz des Eisens gegen Korrosion durch Laugen läßt sich sehr wohl durch Nickel- oder Chromüberzüge erreichen. Voraussetzung ist hierbei, daß diese Schichten nicht beschädigt werden, um nicht die Bildung eines galvanischen Elementes mit dem Eisen als Lösungselektrode zu bewirken. Bei Anwendung chlormagnesiumhaltigen Speisewassers wird der Schutz illusorisch, da das Nickel dann in Lösung geht. Eine Verchromung hält dagegen auch hier stand.

Aus den Untersuchungen lassen sich folgende praktische Schlüsse ziehen: Destilliertes Wasser gehört durchaus zu den unschädlichen Stoffen. Bei den chemisch gereinigten, also sodahaltigen Wässern ist ein Sulfatzusatz von erheblich günstiger Wirkung. Bei den chlormagnesiumfreien Wässern kann er in kleinen Mengen erfolgen, wobei die Wirkung gegen chemischen Angriff und kaustische Sprödigkeit sehr stark in Erscheinung tritt. Bei chlormagnesiumhaltigen Wässern dagegen muß die Menge des Sulfats in einem quantitativen Verhältnis zur Menge des vorhandenen Chlormagnesiums stehen, um sowohl gegen chemischen Angriff als auch gegen die durch das Magnesiumchlorid hervorgerufenen Sprödigkeitserscheinungen stark wirksam zu sein. Nietstellen und Überlappungen sind zu vermeiden, und es ist eine möglichst glatte Oberfläche der Kesselwand anzustreben.

Obering. Quack, Bitterfeld: Aus dem Vortrag von Prof. Berl ist zunächst zu entnehmen, daß destilliertes Wasser auch bei vollständiger Entgasung Eisen angreift, und daß dieser Eisenangriff, wie schon Dr. Splittgerber angegeben hat, durch Einhalten der Natronzahl, d. h. einer bestimmten geringen Alkalität des Kesselwassers, weitgehend vermindert wird. Diese Feststellung ist wichtig, weil der Arbeitsausschuß für Speisewasserpflege der Vereinigung der Großkesselbesitzer noch vor wenigen Jahren wegen der gleichen Ansichten angegriffen worden war. Prof. Berl stimmt auch mit dem Ergebnis der Forschungen von Thiel, Marburg, hinsichtlich des Angriffs von Destillat auf Eisen überein.

Was die Schutzwirkung anbetrifft, so schreibt Prof. Berl dem Alkali eine geringere Wirkung zu als dem Natriumsulfat; als Beweis hierfür dienen Kurven, aus denen hervorgeht, daß unter gewissen Verhältnissen die Schutzwirkung von Natriumsulfat höher ist als die von Natronlauge. Die Kurven dieses Versuches gelten jedoch für Konzentrationen von 0 bis 24 g NaOH/l und 0 bis 85 g Na_2SO_4/l. Das entspricht Betriebsverhältnissen, die in der Regel bei Kesseln nicht vorhanden sind. Für den praktischen Kesselbetrieb kommen nur Konzentrationen unter 2 g NaOH/l und unter 7 g Na_2SO_4/l in Frage. Diese Konzentrationen entsprechen einem Soda-Sulfat-Verhältnis nach Parr von $2 \times 1,325 = 2,65$ g Soda/l zu 7 g Na_2SO_4/l = 1 : 3. In diesem Gebiete, dessen Grenzen bei einem ordnungsmäßig geführten Kesselbetrieb nicht überschritten werden, ist aber nach Abb. 2 der Eisenangriff durch Natronlauge um rd. die Hälfte geringer als der durch Sulfat, selbst bei Dampfdrücken bis zu 200 at. Dabei kommt noch in Betracht, daß bei diesen Versuchen mit Eisenpulver gearbeitet wurde, d. h. mit einem Eisen von schlechter Gefügebeschaffenheit, während wir es im Dampfkessel nur mit sorgfältig ausgeglühtem Stahl mit glatter Oberfläche zu tun haben.

Berücksichtigt man diese Umstände, so kann man vom praktischen Kesselbetrieb aus der Ansicht von Prof. Berl für die im Kesselbetriebe gültigen Konzentrationen nicht zustimmen; seine eigenen Versuche beweisen, daß der von Dr. Splittgerber befürwortete Alkalischutz unter diesen Verhältnissen nicht durch die Schutzwirkung von Sulfat übertroffen wird.

Anders liegen die Verhältnisse bei mangelhaft genieteten oder undichten Kesseln. In Nietnähten, die so undicht sind, daß sie in den Spalten nach außen blasen, treten Konzentrationen auf, bei denen die Anreicherung des Kesselwassers mit Natronlauge weit unangenehmer wird als die Anreicherung mit Natriumsulfat. Die Arbeiten der Material-Prüfungsanstalt Stuttgart haben aber gezeigt, daß solche Anreicherungen nur in Spalten auftreten, die bis nach außen durchgehen, nicht aber in geschlossenen Kapillaren. Bei geschmiedeten oder geschweißten Kesseltrommeln sind solche Konzentrationen überhaupt ausgeschlossen.

Prof. Berl empfiehlt, beim Speisen mit Destillat oder Kondensat zur Verringerung des Angriffs einen Sulfatzusatz statt eines Alkalizusatzes. Auch dies berücksichtigt nicht die wirklichen Verhältnisse im laufenden Kesselbetrieb, da gerade beim Speisen mit Destillat oder Kondensat die oben angegebenen Höchstgrenzen der Konzentration weit weniger erreicht werden, als bei chemisch aufbereitetem Speisewasser. Man kann also dem Zusatz von Alkali auch bei diesem Speisewasser eine stärkere Schutzwirkung zuschreiben als dem Zusatz von Natriumsulfat.

Daß bei gleichzeitiger Anwesenheit von Alkali und Sulfat insbesondere in genieteten Kesseln die höchste Schutzwirkung erzielt wird, ist schon lange bekannt und deckt sich auch mit den praktischen Erfahrungen. Die Verwendung von Natriumsulfat kommt nur für undichte Kessel in Frage, z. B. für ältere Kammerkessel mit steifen Verbindungen zwischen Wasserkammer und Obertrommel. Der an solchen Kesseln durch Konzentration des Speisewassers in den Undichtheiten einsetzende Angriff auf das vielfach bei der Bearbeitung mißhandelte Flußeisen kann durch Zugabe von Natriumsulfat aufgehalten werden; es ist eine hervorragende Eigenschaft der Sulfate, die entstehenden Anrisse mittels einer Schutzschicht eine Zeitlang zu dichten und das Gefüge vor weiterem Angriff zu schützen, eine Entdeckung, die zunächst empirisch Parr gemacht hat. Für die Besitzer solcher alten Kessel wäre es wertvoll, Angaben zu erhalten, wie der Betriebsingenieur für den richtigen Zusatz von Natriumsulfat zu seinem Speisewasser sorgen kann.

Die Vereinigung der Großkesselbesitzer hat in ihren „Mitteilungen" Nr. 12 und 13 mehrfach folgende Verfahren empfohlen:

I. Für Reinigungsverfahren mit starkem Alkalizusatz (Kalk-Soda, Ätznatron-Soda usw.) oder Permutitanlagen mit karbonatreichen Rohwässern: Abstumpfen eines Teils des Alkalis oder Karbonats durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure (Impfen). Wenn es auch für diesen Zweck gut wirkende Vorrichtungen gibt, so ist das Verfahren doch nur dann ungefährlich, wenn man durch dauernde chemische Überwachung verhindert, daß das Wasser sauer reagiert.

II. Für alle Anlagen: Zusatz bestimmter Mengen von Natriumsulfat in wäßriger Lösung. Dieses Verfahren ist in jedem Fall ungefährlich und wird für mangelhaft genietete Kessel schon seit Jahren empfohlen.

III. Für verschmutztes Oberflächenwasser: Die bekannte Aluminiumsulfatklärung, die auf andere Weise nicht faßbare feinste Schmutzteile ausflockt und einen Teil der Karbonathärte in Sulfathärte umwandelt.

Dipl.-Ing. Karl Morawe, Berlin: Prof. Berl hat bei seinen Untersuchungen keine Abhängigkeit der Schutzwirkung von der zugesetzten Sulfatmenge feststellen können. Bei den angewandten Sulfatkonzentrationen von 0,9 bis herab zu 0,01 Mol waren die Schutzwirkungen des Sulfats auf das Eisen bei 100 at für Laugenkonzentrationen bis zu rd. 40 g/l gleich. Wie ist es zu erklären, daß Parr für steigende Drücke ein größeres Verhältnis zwischen Natriumsulfit und Natronlauge fordert? Nach Berl schützte z. B. bei einem Gehalt des Wassers an Natronlauge von 2,5 g/l schon eine Sulfatkonzentration von 0,01 Mol, also 1,4 g Na_2SO_4/l, was nach Parr nicht zu erwarten war.

Der Sulfatzusatz oder das Natron-Sulfatverhältnis im Kesselwasser soll die Bildung von Nietlochrissen verhindern. Wenn aber bei einem nach Berl schützenden Laugen-

verhältnis im Kessel trotzdem Nietlochrisse vorkommen, wie häufig festgestellt wurde, dann spricht für die Ansicht, daß die Nietlochrisse durch andere Umstände, z. B. Beanspruchung des Materials über die Streckgrenze hinaus, verursacht werden.

Weiter wurde gesagt, die Gleichheit der Zusammensetzung der Oxydationsprodukte bestätige, daß der Laugenangriff ein elektrochemischer Vorgang sei. Da aber bei elektrochemischer Auflösung des Eisens das Lösungsprodukt $Fe(OH)_2$ im Elektrolyten mit der Elektrode selbst, also dem Eisen, bei einer bestimmten Konzentration des ersteren ins Gleichgewicht kommt (s. Stumper, „Die Chemie der Bau- und Betriebsstoffe des Dampfkesselwesens", S. 177), so müßte bei Eintritt dieses Gleichgewichtes und verhindertem Sauerstoffzutritt der elektrochemische Angriff auch zum Stillstand kommen. Ist es möglich, daß in Gegenwart von Sauerstoff im Elektrolyten das Lösungsprodukt $Fe(OH)_2$ oxydiert und dadurch die Einstellung des Gleichgewichtszustandes verhindert wird?

Die Versuche mit Zusatz von Natriumnitrat und Natriumphosphat zum Wasser sollen deutlich die Bildung von Eisenoxyd erkennen lassen, und Zusätze von Natriumnitrat und Natriumphosphat sollen, letzteres besonders bei höherer Konzentration, starken Angriff erzeugen. Ist die Bildung von Fe_2O_3 aus der chemischen Umsetzung des Nitrats und dem Eisen allein oder durch die Gegenwart von Sauerstoff im Elektrolyten zu erklären?

Dr.-Ing. W. Nover, Bremen: Hoch- und Höchstdruckkessel dürfen nur mit entlüfteten reinen Destillaten und Kondensaten gespeist werden. Diese Forderung haben wir zuerst vor 15 Jahren aufgestellt und durch Bau von Verdampferanlagen mit nachfolgender Entlüftung des gesamten Speisewassers verwirklicht. Die Richtigkeit dieser Anschauung wird heute nicht mehr bestritten. Meinungsverschiedenheiten bestehen nur noch darüber, ob man in allen Fällen Natronlauge, Natriumsulfat oder allenfalls Natriumphosphat zusetzen muß. Die Vertreter dieser Richtung stützen sich auf Laboratoriumversuche, die mit chemisch reinem Wasser angestellt worden sind. Dagegen ist das destillierte Zusatzwasser nicht chemisch rein, sondern es hat einen Abdampfrückstand von 8 bis 10 mg/l[3]), der sich je nach der Dauer eines Betriebsabschnitts stetig bis auf das 300fache und mehr erhöht.

Wichtiger als Laboratoriumversuche, die wir als Grundlagen nicht entbehren können, sind aber die Erfahrungen der Praxis. Diese haben gezeigt, daß Hochdruckkessel sehr wohl mit sauerstoff- und kohlensäurefreien reinen Destillaten und Kondensaten gespeist werden können, ohne daß Kesselschäden auftreten. Vorausgesetzt ist hierbei, daß die Kondensatoren dicht sind, die Verdampferanlage richtig bedient wird und daß das gesamte Speisewasser gut entlüftet wird. Weiter muß man, wenn das Kesselwasser einen Abdampfrückstand von 3 bis 5 g/l (0,3 bis 0,5° Bé) erreicht hat, den Kessel außer Betrieb setzen und vollkommen entleeren. Das pflegt nach 1 bis 3 Monaten ununterbrochenem Kesselbetrieb einzutreten.

Auch im Großkraftwerk Klingenberg ist eine Verdampferanlage von den Atlas-Werken, Bremen, in Betrieb; sie liefert 1400 t Destillat und 24 000 t entgastes Speisewasser in 24 h. Die 35 at-Kessel sind auch nicht oberflächlich angefressen, ihr Aussehen ist wie neu.

Wenn aber plötzlich größere Undichtheiten im Kondensator auftreten und der Betrieb nicht unterbrochen werden darf, dann bleibt allerdings nichts andres übrig, als dem Kesselwasser rd. 0,5 g/l NaOH zuzusetzen; nicht etwa, um die angebliche Säure: Wasser, zu neutralisieren, sondern um Härtebildner, besonders Magnesiumsalze, auszufällen. Bei älteren Kondensatoranlagen lassen sich manchmal kleine Undichtheiten nicht vollständig beseitigen. Auch dann kann es, besonders bei schlechtem Kühlwasser, gut sein, schwach alkalisch zu fahren; 0,2 g NaOH/l dürften genügen. Da in diesen Fällen die Höchstkonzentration des Abdampfrückstandes von 3 bis 5 g/l früher erreicht wird, muß man gegebenenfalls täglich abschlämmen.

Prof. Berl: Der Unterschied zwischen den Wirkungen von Sulfat- und von Ätznatronzusätzen ist bei kleinen Konzentrationen gering. Man kann wohl sagen: Bei geringem Gehalt sind Ätznatron- und Sulfatschutz gleichwertig. Es ist von uns festgestellt worden, daß in Kapillaren, besonders in feinen Nietlochrissen, eine überaus starke Zunahme des Gehalts an Ätznatron eintreten kann, die zu Schäden Anlaß gibt auch wenn der Gehalt an Ätznatron im Speisewasser verhältnismäßig gering ist. Derartige Schäden können bei Anwesenheit von Sulfat, auch wenn dieses sich in den feinen Rissen anreichert, nicht eintreten. Aus diesem Grunde scheint es zweckmäßig, von den bei normalen Verhältnissen gleichwertigen Mitteln den Sulfatzusatz dem Ätznatronzusatz vorzuziehen.

Auf Eisenoxydulhydrat wirkt bei den hohen Drücken und Temperaturen Wasser, ohne daß freier Sauerstoff vorhanden sein muß, oxydierend nach

$$3\,FeO + H_2O = Fe_3\,O_4 + H_2.$$

Hierdurch wird das elektrochemische Gleichgewicht ständig gestört und neue Mengen von Eisen müssen in die Oxydulstufe übergehen.

Prof. Eberle sprach sodann über

die Abhängigkeit der Wärmeleitzahl des Kesselsteins von seiner Zusammensetzung.

Der Vortrag, der im „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" Bd. 9 (1928) Nr. 6 S. 171 abgedruckt ist, behandelt neue, gemeinsam mit Dipl.-Ing. Cl. Holzhauer ausgeführte Versuche, die die Klärung des Zusammenhanges zwischen der Zusammensetzung und der Wärmeleitzahl von Kesselstein zum Ziele haben.

Den Anlaß zu dieser Arbeit bot die Beobachtung, daß gelegentlich schon ganz dünne Niederschläge von Kesselstein Überhitzungen der Kesselbleche zur Folge hatten, während sie in andern Fällen trotz verhältnismäßig dicken Kesselsteinbelages unbeschädigt blieben.

Auf Grund zahlreicher Analysen kann man die praktisch vorkommenden Arten von Kesselstein in drei Gruppen einteilen: in solche mit überwiegendem Kieselsäuregehalt, solche mit überwiegendem Kalkgehalt und solche mit überwiegendem Gipsgehalt. Die Wärmemessungen, die an trockenen, pulverförmigen Mischungen durchgeführt wurden, ergaben, daß die Wärmeleitzahlen bei Gemischen mit überwiegendem Kieselsäure-, Kalk- oder Gipsgehalt mit steigenden Temperaturen schwach zunehmen, aber in viel höherem Maße als mit der Temperatur mit der Dichte des Kesselsteins höher werden.

Hiernach spielt für die Beurteilung der Gefährlichkeit einer bestimmten Art von Kesselstein die chemische Zusammensetzung nur in Verbindung mit der Dichte eine Rolle, insofern, als, wie die Messungen ergaben, Kesselsteine von bestimmter Art vorzugsweise auch in bestimmter Dichte entstehen. Während also kieselsäurereicher Kesselstein zumeist wenig dicht ist (0,5 bis 1,2 kg/dm³), tritt gipshaltiger Kesselstein zumeist in großer Dichte (2,0 bis 2,7 kg/dm³) auf. Die Dichte von kalkhaltigem Kesselstein liegt etwa in der Mitte (1,3 bis 2,4 kg/dm³). Am ungefährlichsten für den Kesselbetrieb ist daher gipshaltiger Kesselstein, da seine Wärmeleitzahl zumeist mehr als 1,5 kcal/mh °C beträgt. Auch kalkhaltigen Kesselstein kann man noch als verhältnismäßig wenig gefährlich bezeichnen, obgleich seine Wärmeleitfähigkeit geringer ist und sich im allgemeinen auf 1 kcal/mh °C belaufen dürfte.

In allen Fällen gefährlich sind aber Kesselsteine mit überwiegendem Kieselsäuregehalt. Wegen ihrer geringen Dichte liegt die Leitzahl zumeist unter 0,2 kcal/m²h °C. In einem Fall wurde sogar nur eine Leitzahl von 0,07 kcal/mh° C ermittelt, d. h. etwa $^1/_{30}$ des von der „Hütte" angegebenen allgemeinen Wertes von 2 kcal/m²h °C. Eine kieselsäurehaltige Kesselschicht braucht somit nur $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ der Dicke eines dichten kalk- oder gipshaltigen Kesselsteins zu haben, um bei sonst gleichen Betriebsbedingungen den gleichen Wärmestau hervorbringen zu können.

Obering. Quack: Die Frage, die sich nunmehr für den Betriebsingenieur einer Kesselanlage erhebt, ist: Wie halte ich den schädlichen Silikatkesselstein von den Heizflächenwandungen meiner Kessel am wirksamsten fern? Zu dieser Frage verfügen wir über eine Arbeit[4]). Die Ergebnisse dieser Forschungen sind leider für den praktischen Kesselbetrieb nicht verwendbar. Silikatlösungen von der Konzentration, die dort untersucht wurden, kommen glücklicherweise in der Praxis des Kesselbetriebs nicht vor. Daraus ergibt sich, daß auch die Schlußfolgerung der Arbeit, daß „bei Anwendung eines natürlichen Wassers mit seinem von vornherein vorhandenen geringen Gehalt an Salzen, Chloriden und Sulfaten eine Ausscheidung der Kieselsäure unter einem Restgehalt von 17,5 mg/l nicht möglich sei", den Betriebsingenieur der Kesselanlage nicht befriedigen kann. Dieser sieht sich vielmehr gerade vor die Aufgabe gestellt, Rohwasser mit natürlichem Kieselsäuregehalt von 8 bis höchstens 15 mg/l Kieselsäure weitgehend zu entkieseln.

Die Betriebsversuche und Forschungen des Arbeitsausschusses für Speisewasserpflege bei der Vereinigung der Großkesselbesitzer haben ergeben, daß man die Bildung von Silikatkesselstein verhindern kann wenn man kieselsäurehaltige Rohwässer noch gründlicher von den

[3]) Auch das destillierte Wasser der Apotheken hat noch einen Abdampfrückstand von rd. 6 mg/l.

[4]) „Über die Entkieselung von kieselsäurehaltigen Wässern" von E. Berl und H. Staudinger, Z. Bd. 71 (1927) S. 1654.

übrigen Härtebildnern befreit, als gutartige Rohwässer. Bei einem so weitgehend enthärteten Speisewasser und bei Einhaltung der Natronzahl wird Kieselsäure, selbst wenn sie sich verhältnismäßig stark im Kesselwasser angereichert hat, in Lösung gehalten; die mit Recht als gefährlich und wärmestauend bezeichnete kristallinische Ausscheidung der Kieselsäure tritt dann nicht ein. Eine Bestätigung dieser Ansicht liefert die von Prof. Eberle mitgeteilte Zusammensetzung der untersuchten silikatreichen Kesselsteine. Sie enthalten nicht unerhebliche Mengen von Härtebildnern (Kalk, Magnesia). Andere Forscher schlagen vor, neben der Resthärte auch die Silikate durch Kolloide zu binden.

Prof. Jakob, Berlin, fragte an, ob bei den Versuchen berücksichtigt worden sei, daß der Kesselstein im Kessel wasserhaltig ist.

Dipl.-Ing. Morawe bestätigte die Angaben des Vortragenden über die Unterschiede in der Porosität von kalk- und von kieselsäurehaltigen Kesselsteinarten. Er erwähnte einen Silikatkesselstein, der bei einer Kesselwasserdichte von über 8° Bé entstanden war und dessen Dichte 0,37, bezogen auf das Gesamtvolumen, betrug, was etwa dem Kleinstwert unter den 31 untersuchten Kesselsteinen entspricht. Wie zu erwarten, hatte dieser überaus poröse Stein, der bis zu 4 mm dick war und etwa 56 vH Kalziumsilikat neben kohlensaurem Kalk enthielt, zu Rohrausbeulungen geführt.

Angesichts der Gefährlichkeit poröser Kesselsteine liegt es nahe, zu fragen, unter welchen Bedingungen poröser Kesselstein entsteht, weil bei Erkenntnis der Ursache vielleicht ein Weg gefunden werden kann, seine Bildung zu verhüten.

In dem Wasserrohr des Kessels bildet sich unter dem Einfluß der zugeführten Wärme aus einem Wasserteilchen von bestimmter Größe eine Dampfblase, die bei gewisser Größe die Rohrwand teilweise berührt. Die Verdampfung des Wassers hat zur Folge, daß sich ein gewisser Teil der darin gelösten oder ungelösten Stoffe als Abdampfrückstand des Wassers an der Rohrwand ablagert. Bewegt sich die Dampfblase unter dem Einfluß ihres Auftriebes und des Wasserumlaufs weiter, so wird der für einen Augenblick unbenetzt gebliebene Teil der Rohrwand wieder vom Wasser berührt, das die löslichen Salze wieder aufnimmt, während die unlöslichen Teile, z. B. Kalziumkarbonat, Gips, Silikate usw., als Belag zurückbleiben. Der Belag muß infolge Herauslösens der Salze, wie Natriumsulfat, Chlornatrium, Soda, Ätznatron usw., eine gewisse Porosität haben, die um so größer ist, je größer der Anteil des Belages an löslichen gegenüber den unlöslichen Stoffen ist. Übrigens wird die Menge der unlöslichen Stoffe durch die Härtebildner im Kesselwasser bedingt, also ist die Beseitigung der Härtebildner auch der Weg, um porösen Kesselstein zu vermeiden.

Hohe Kesselwasserdichte ist ein Zeichen, daß das Kesselwasser viele Salze gelöst enthält. Daher muß beim Herauslösen der Salze aus dem Verdampfrückstand die Porosität des Belages groß werden.

Schon 1925 wurde daher mit Bezug auf Silikatkesselsteine empfohlen, zur Verhütung schädlicher Ablagerungen die Kesselwasserdichte nicht über 1° Bé. steigen zu lassen. Hierbei ist Voraussetzung, daß die Härtebildner soweit wie praktisch erreichbar aus dem Speisewasser entfernt werden, damit die Menge der unlöslichen Ablagerungen und damit die Schichtdicke vermindert wird; denn neben der Porosität spielt auch die Dicke des Kesselsteins eine wichtige Rolle.

Das Einhalten einer geringen Kesselwasserkonzentration bedingt, daß die Kessel abgeblasen werden. Der so häufige Einwand gegen das Kesselabblasen, daß es Wärmeverluste bedinge, ist nicht durchschlagend, wenn man die Wärme des abgeblasenen Kesselwassers in einem Wärmeaustauscher dem Speisewasser zuführt, wobei seine Temperatur auf 50 bis 60° vermindert werden kann. Man kommt bei Speisung mit Frischwasser mit Abblasemengen von 1 bis 2 vH der verdampften Wassermenge, bei Kraftwerken mit wenig Zusatzwasser mit einem Bruchteil davon aus.

Da in der Praxis kein Kondensator auf längere Zeit dicht ist, so mischt sich das in der Regel harte Kühlwasser stets etwas mit dem Kondensat. Dementsprechend hat das Kondensat im allgemeinen 0,5 bis 1 Grad Härte. Quack hat daher empfohlen, auch das Kondensat zu enthärten.

Die Frage, wie man das Kondensat frei von Härtebildnern gewinnen kann, ist heute viel wichtiger für Kesselbetriebe, als z. B. die heute viel umstrittene Frage, ob man das Zusatzwasser destillieren oder chemisch reinigen soll; denn bei Kraftwerken ist der Anteil an Zusatzwasser gegenüber dem an Kondensat verschwindend klein, und dort, wo viel Zusatzwasseranteil gebraucht wird, scheidet die Destillation für die Speisewasseraufbereitung schon wegen der hohen Anlage- und Betriebskosten aus. Mischt man z. B. 5 vH Verdampferdestillat von 0,2 bis 0,3 Härtegraden mit 95 vH Kondensat aus einem undichten Kondensator, dessen Härte 1° beträgt, so erhält man ein Gemisch von 0,96°, das Kesselstein und Schlamm bilden muß. Daß destilliertes Zusatzwasser salzärmer als chemisch aufbereitetes sei, ist wegen der geringen Mengen von Zusatzwasser bedeutungslos.

Prof. Berl: Bei der chemischen Reinigung, wo die Kieselsäure als Kalziumsilikat herausfällt, kann man nicht unter die Eigenlöslichkeit des Kalziumsilikats kommen, ebenso wie beim Ausfällen von Gips oder Kalziumbikarbonat ein Teil der Salze gelöst bleibt. Man kann diese Eigenlöslichkeit durch einen Überschuß von Enthärtungsmitteln, z. B. bei der Gipsenthärtung durch Zusatz von Soda, verringern; wir haben versucht, das Kalziumsilikat durch einen Überschuß von Kalkhydrat schwerer löslich zu machen, aber unter einen Mindestwert kommt man auf diese Weise nicht. Daß es möglich ist, im Kessel die Abdampfrückstände von der Kesselwand fernzuhalten, scheint ein wichtiger Fortschritt in der Erkenntnis zu sein.

Die außerordentlich starke Porosität der kieselsäurehaltigen Kesselsteine kann dadurch verursacht werden, daß sich diese Stoffe zuerst in stark wasserhaltiger, gewissermaßen Kolloidform, abscheiden und dann verfestigen; wenn sich das Gitter zu einer Zeit bildet, in der der Niederschlag noch viel Wasser enthält, so kann ein sehr poröser Stein entstehen.

Dir. Goos, Hamburg: Die Versuche von Eberle sind auch für den Schiffskesselbetrieb und für die Reedereiingenieure wichtig. Wir tun alles, um das Kesselwasser so rein wie möglich zu erhalten, aber die Umstände sind manchmal stärker als wir.

Es gibt fast keine Kondensatoren, die frei bleiben von Korrosionen. Wir bekommen immer Salzwasser in das Kondensat hinein und dann auch Kesselstein. Wir haben indessen nicht mit Silikaten zu kämpfen. Ich habe sehr viele Kesselsteine untersuchen lassen, aber Silikate sind nicht drin gewesen, meist nur Kalk und Gips. Undichte Kondensatorrohre verstopfen wir und fahren weiter.

Aber es gibt einen Fall, wo wir das Salz freiwillig in den Kessel einführen, nämlich, wenn wir vermuten, daß Öl im Kondensat ist. Die Kolben und Schieber der Heißdampf-Kolbenmaschinen müssen reichlich geschmiert werden; trotz aller Filter ist es nicht möglich, das Öl aus dem Wasser ganz zu entfernen. Das Öl im Kessel lagert sich zumeist auf den Feuerbüchsen ab, die dann Einbeulungen erhalten. Es ist ein Verfahren eingeführt worden, das diese schädliche Wirkung des Öles verhindert. Wir setzen Soda zu und pumpen eine bestimmte Menge von Salzwasser in den Kessel. Der kohlensaure Kalk scheidet sich sofort infolge der Soda aus. Dieser Kalk soll das Öl binden und unschädlich machen. Es ist das beinahe so, als ob wir den Teufel mit dem Beelzebub austrieben, aber bei der Hamburg-Süd-Amerika-Linie sind seitdem die Feuerbüchseneinbeulungen bemerkenswert zurückgegangen. Allerdings ist das Abschäumen dabei außerordentlich wichtig.

Obering. Quack: Zwei Ursachen sind es, die die Kondensatoren undicht machen; die eine sind Löcher in den Rohren und die zweite sind undichte Verbindungen der Rohre mit den Kondensatorböden. Wenn bei Dampfkesseln ein eingewalztes Rohr, das vielen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist, dicht hält, warum soll man das nicht beim Kondensator erreichen? Beim Dampfkessel sind 250 Rohre einzuwalzen, beim Kondensator dagegen 5000 bis 6000; das geschieht nicht mit der nötigen Gründlichkeit. Packungen sind nicht das richtige Mittel zum Dichten der Kondensatoren; eine weitere Aufgabe ist, dafür zu sorgen, daß der Ausdehnung der Rohre genügender Spielraum gelassen wird.

Obering. Müller, Hamburg: Eine wesentliche Verbesserung der Dichtheit von Kondensatoren haben wir erreicht durch Verwendung von Kupfer-Nickel-Rohren, die man seit 5 bis 6 Jahren mit gutem Erfolg in England verwendet. Die White Star-Linie mußte früher Kondensatorrohre in großem Maße nach drei Monaten erneuern. Mit Kupfer-Nickel-Rohren fahren sie jetzt schon 5 bis 6 Jahre ohne Anstände. Auch wir haben mit Kupfer-Nickel-Rohren, solange wir damit fahren, noch keinen Schaden gehabt. Diese Rohre werden von allen nennenswerten deutschen Fabriken geliefert. Die Hauptursache der früheren Anfressungen war die Legierung mit Zink, das nicht seewasserbeständig ist. Die englischen Kondensatorrohre bestehen aus 70 vH Kupfer und 30 vH Nickel oder 80 vH Kupfer und 20 vH Nickel oder 85 vH Kupfer und 15 vH Nickel, die am meisten benutzten deutschen Rohre aus 80 vH Kupfer und 20 vH Nickel. Wir haben Rohre der Legierung 80 : 20 mit 1,5 mm Wanddicke eingebaut.

Prof. Eberle: Die Wandtemperatur des Kessels liegt infolge des Temperaturgefälls wesentlich über der Sättigungstemperatur des Wassers, also hat auch die innerste Schicht des Kesselsteins eine Temperatur, die über der Sättigungstemperatur liegt. Im Stein steigt die Temperatur nach

der Wand hin an; man darf daher annehmen, daß das Wasser, das in den Stein eindringt, verdampft wird. Daß auch nicht fortgesetzt ein Benetzungszustand herrscht, beweisen die Wirkungen des Kesselsteines. Sie zeigen, daß Kesselsteine tatsächlich keine so hohen Wärmeleitzahlen haben, wie man erwarten müßte, wenn sie mit Wasser getränkt wären.

Es wäre gar nicht zu den vorliegenden Versuchen gekommen, wenn nicht die schlimme Erfahrung gelehrt hätte, daß die Wärmeleitzahl von Kesselstein sehr niedrig ist. Wir haben die Proben bewußt trocken geprüft, in der Annahme, daß der Kesselstein im Kessel tatsächlich ausgetrocknet ist. Bei den stark beheizten Kesselwänden herrscht ein großes Wärmegefälle; der Stein kommt auf 300 ° oder 100 ° Überhitzung gegenüber der Sättigungstemperatur. Man kann leicht ausrechnen, daß das Blech Temperaturen von 700 ° erreicht. In diesen Fällen, die uns in erster Linie angehen, ist der Stein in seiner wesentlichen Masse wirklich trocken.

Zuletzt sprach Dipl.-Ing. Seibert, Darmstadt, über

die Wärmeaufnahme an verschiedenen Stellen der direkt bestrahlten Kesselheizfläche.

Der Vortrag, der im „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" Bd. 9 (1928) Nr. 6 S. 180 abgedruckt ist, berichtet über die Ergebnisse einer Untersuchung zur Bestimmung der von den einzelnen Flächen einer Feuerung je nach ihrer Temperatur auf die verschiedensten Punkte der Heizfläche eingestrahlten sowie der von den Heizgasen durch Berührung abgegebenen Wärmemengen. Jede Wandfläche nimmt Wärme durch Einstrahlung von den übrigen Flächen des Feuerraumes und durch Berührung mit den Heizgasen auf, während sie Wärme an alle anderen Flächen abstrahlt und durch Leitung an die Umgebung abgibt. Die Summe aller dieser Wärmemengen ist im Beharrungszustand null. Aus dieser Beziehung kann man die Wandtemperaturen und damit die Wärmeaufnahme einer bestimmten Stelle der Heizfläche angenähert berechnen. Bei dem als Beispiel gewählten Steilrohrkessel erhält man an einer Stelle der Heizfläche, die 12 vH der Heizflächenlänge (Länge der Wasserrohre), gerechnet von der unteren Kesseltrommel ab, entfernt ist, als größte Wärmeaufnahme 216 000 kcal/m² h.

Dr.-Ing. Schack, Düsseldorf: Die mitgeteilten Rechnungen gelten nur für diathermane Gase und sind daher nur dann anwendbar, wenn Feuergase in dünnen Schichten auftreten, also für kleine Kessel. Bei großen Kesseln bedeutet die Voraussetzung dieser Rechnungen eine erhebliche Einschränkung der Genauigkeit der Ergebnisse; denn große Rauchgasschichten absorbieren die Strahlung von festen Oberflächen sehr stark. Praktische Beobachtungen zeigen, daß Rauchgasschichten von mehreren Metern Dicke für Strahlung fast undurchlässig sind.

Dipl.-Ing. Kößler, München (eingesandt): Durch Versuche an einem Kessel mit Wanderrost-Feuerung im Rahmen einer Arbeit über die Flammenstrahlung in Dampfkesselfeuerungen habe ich festgestellt, daß die Voraussetzungen der Berechnung von Seibert nicht zutreffen. In Übereinstimmung mit Schack und mit praktischen Versuchen, z. B. von Lent, Thomas und Pollak, an anderen Feuerungen habe ich überraschend hohe Strahlungen und Wärmeübergangzahlen festgestellt. Bei üblich angestrengtem Betrieb kann besonders bei gasreichem Brennstoff damit gerechnet werden, daß bereits 1 m über dem Rost von der Strahlung des Kohlenbettes rd. 30 vH absorbiert sind. Bis zur Heizfläche gelangt nur ein geringer Teil der Roststrahlung, zumal da die Flamme meist noch höhere Temperatur als das Kohlenbett hat.

Dipl.-Ing. Seibert: Zweck des Verfahrens ist, die Verteilung der auf die Heizfläche eingestrahlten Wärmemenge bei verschiedenen Feuerraumausführungen angenähert zu ermitteln. Wenn bei dem besprochenen Beispiel die größte Verdampfleistung rechnerisch rd. 400 kg/m²h beträgt bei einem Mittelwert von 234 kg/m²h, so wird in Wirklichkeit infolge der Anwesenheit des Gaskörpers diese Spanne kleiner. Ergibt sich aber — wie sich bei der Weiterführung der Untersuchungen tatsächlich herausgestellt hat — für eine andere Form des Feuerraumes bei der gleichen Höchstaufnahme an Wärme eine größere mittlere Belastung (rd. 7 vH), so ist vom Standpunkt der „Heizflächenausnutzung" der zweiten Bauart der Vorzug zu geben. Könnte man den Einfluß der Strahlung eines so verwickelt gestalteten Gaskörpers in übersichtlicher Form mathematisch behandeln, so würden sich die Ergebnisse auch für den zweiten Fall in der oben angegebenen Weise verschieben. Für den Vergleich einer Feuerraumausführung mit anderen darf man also von der Wirkung der Gasstrahlung absehen.

Prof. Eberle: Die Betrachtungen konnten sich nur erstrecken auf diathermane Gase und beziehen sich deshalb auf den Kessel mit Rostfeuerung, der sich dieser Annahme am meisten nähert. Bei Kesseln mit Staubfeuerung werden die Untersuchungen in andrer Form durchgeführt werden müssen, aber auf den Kessel mit Rostfeuerung kann man wohl den angegebenen Weg anwenden. Die Untersuchungen sollen auf andre Kesselformen ausgedehnt werden. Worauf es ankommt, ist, zu zeigen, wie verschieden die Belastung innerhalb der Heizfläche sein kann. Wir rechnen bisher nur mit Mittelwerten; wenn man dagegen erkennt, daß die Belastung eines Heizrohres, statt im Mittel 127 000 kcal/m²h, bis zu 216 000 kcal/m²h betragen kann, so verdient dieses Ergebnis allgemeine Beachtung, da es darüber aufklären kann, warum an bestimmten Stellen des Kessels Ausbeulungen eintreten. [M 2021]

Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1927

Für die internationale Bedeutung der Tätigkeit der Reichsanstalt[1]) ist bezeichnend, daß sie im vergangenen Jahr bei nicht weniger als sechs Versammlungen im Ausland beteiligt war und einen wissenschaftlichen Beamten für mehrere Monate nach Amerika entsandt hat. Der Umfang ihres Arbeitsbereiches geht daraus hervor, daß sie jetzt 33 Laboratorien und verschiedene besondere Referate umfaßt und daß im Berichtsjahr 163 Veröffentlichungen aus der Anstalt hervorgegangen sind.

Arbeiten der Präsidialabteilung

Im Laboratorium für Radioaktivität wurde festgestellt, daß die Lösungen in den für Eichzwecke ausgegebenen Radium-Normalampullen ausnahmslos seit sieben Jahren konstant geblieben sind, daß also das Vorurteil gegen solche Lösungen unberechtigt ist. Bei einer planmäßigen Untersuchung darüber, welche Elemente durch Alphastrahlen zertrümmert werden können, erwiesen sich die Atome von Bor, Stickstoff, Magnesium und Aluminium als zertrümmerbar. Gemessen wurde mit Geigers Spitzenzähler, als Strahlungsquellen dienten äußerst reine Poloniumpräparate.

Im Innern der Staßfurter Steinsalzlager wurde eine harte Gammastrahlung aufgefunden, die von kaliumhaltigem Gestein ausging. Dieselbe Strahlung trat bei technischem Kaliumchlorid auf, so daß anzunehmen ist, daß sie vom Kalium herrührt. Die Zahl der Prüfungen des Laboratoriums ist auf etwa 280 gestiegen.

Das Chemische Laboratorium, das etwa 100 Prüfaufträge auszuführen hatte, hat neue Vorschläge für Einteilung von Glas für chemische Geräte in fünf Klassen gemacht, die z. B. auch für die Herstellung von Ampullen und Medizingläsern maßgebend sein sollen.

Ein Gutachten des Laboratoriums stellte fest, daß das Spritzen des Straßenpflasters mit Chlorkalziumlauge (zum Abbinden des Staubes) größere Glätte erzeugen kann als das übliche Spritzen mit Wasser.

Von dem neuentdeckten Element Rhenium wurden Anfang 1927 etwa 2 mg isoliert. Von einer mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ausgeführten Forschungsreise nach Süd-Norwegen wurden 250 kg Mineralien mitgebracht, aus denen etwa 30 mg Rhenium abgeschieden wurden, ausreichend, um wichtige Eigenschaften des neuen Elementes zu untersuchen. Jetzt ist mit finanzieller Unterstützung von Siemens & Halske, Berlin, die Herstellung von 1 g Rhenium in Angriff genommen worden.

Die Prüfungen des Laboratoriums für Feinmechanik und Akustik erstreckten sich auf über 190 Gegenstände, darunter 100 Stimmgabeln und 50 Leitspindeln. Für die letzteren wurde zur Ergänzung des Komparator-Verfahrens ein Zeißscher Steigungsprüfer mit einem Unterbau von 4 m Schienenlänge beschafft. Auf Wunsch des Röhrenverbandes hat die Reichsanstalt die Überwachung der auf dem Kontinent befindlichen kegeligen Normalgewinde bis zu rd. 60 cm Dmr. übernommen, so wie das amerikanische und englische Staatsinstitut in ihren Ländern.

Zum ersten Male waren auch Normalwinkel zu prüfen. Dabei wurde die im Werkstattgebrauch gemachte Erfahrung bestätigt, daß bei rechten Anschlagwinkeln der Winkelwert mit der Temperatur anstieg, und zwar um etwa 20 bis 30″ bei 20 ° Temperaturzunahme.

26 neue Stimmgabel-Normale wurden geschaffen. Eine vor 39 Jahren geeichte A-Gabel, die neu eingereicht wurde, war, obwohl stellenweise durch Rost angegriffen, noch innerhalb der Genauigkeitsgrenzen richtig.

[1]) Auszug aus dem Tätigkeitsbericht in Z. f. Instrumentenkunde Bd. 48 (1928) Nr. 4 S. 145, Nr. 5 S. 201, Nr. 6 S. 257.

In dem neugegründeten Photochemischen Laboratorium wurden u. a. im Chemischen Laboratorium begonnene Untersuchungen an photographischen Platten fortgesetzt und die Photolyse tropfbar-flüssiger Lösungen begonnen.

Das ebenfalls neue Kältelaboratorium enthält Anlagen zur Verflüssigung von Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Helium. Die verflüssigten Gase werden in der Anstalt verwendet, flüssiger Wasserstoff kann auch an andere Stellen Berlins abgegeben werden. Für etwa drei wissenschaftliche Gäste sind Räume vorgesehen. Mit Rücksicht darauf hat die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft erhebliche Zuschüsse bewilligt.

Die von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen A.-G., Wiesbaden, gemeinsam mit der Heylandt-Gesellschaft für Apparatebau m. b. H., Berlin, gelieferte Anlage gestattet entweder 20 l/h flüssigen Stickstoff oder 6 l/h flüssigen Sauerstoff herzustellen. Die Wasserstoff-Verflüssigungsanlage ist für eine zur Zeit noch nicht voll erreichte Leistung von 10 l/h gebaut. Im zweiten Halbjahr 1927 wurden 2700 l flüssiger Stickstoff und Luft und 520 l flüssiger Wasserstoff hergestellt. Der Heliumvorrat der Anstalt wurde von 900 l auf über 3000 l erhöht. Das Helium wurde teils aus Neon-Helium-Gemisch gewonnen, teils aus Rohhelium mit 70 vH Helium. Dieses Rohhelium wurde von Wasserstoff, Kohlensäure und Luft mit glühendem Kupferoxyd, flüssiger Luft und flüssigem Wasserstoff gereinigt. Versuche zur Bestimmung der spezifischen Wärme des gasförmigen Heliums bei — 269 ° sind im Gange.

Arbeiten der Abteilung für Maß und Gewicht

Im Laboratorium für Längenmaße wurden 750 Gegenstände geprüft, darunter 280 Parallelendmaße. Insbesondere wurden mehrere längere Endmaße bis zu 200 mm Länge interferometrisch mit höchst erreichbarer Genauigkeit geprüft. Die deutsche Industrie ist dadurch erstmalig in den Besitz auch längerer Maße gekommen, die nicht mehr auf der ungenaueren Strichmaßvergleichung beruhen. Für die Interferenz-Längenmessungen ist infolge des deutschen Antrages vom Internationalen Ausschuß für Gewichte und Maße in Paris die gelb-grüne Kryptonlinie 5649 als künftiger Ersatz für die weniger scharfe rote Kadmiumlinie als Normale erster Ordnung in Aussicht genommen. Die Messungen mit Krypton erforderten u. a. einige Abänderungen des Zeißschen Absolut-Interferenzkomparators und die Untersuchung der Lebensdauer der Kryptonröhren (mehrere hundert Stunden bei Gleichstrombetrieb). Auch die Brechungszahl der Luft und die Zerlegbarkeit der Kryptonlinien wurden eingehend untersucht. Der für den Meteranschluß bestimmte große, aus zwei gegeneinander gerichteten gleichen Interferenzkomparatoren bestehende Doppel-Monochromator wurde von Zeiß, Jena, geliefert, die erforderlichen Längenendmaße von den Hommelwerken, Mannheim-Käfertal.

Zwei Bauarten von Stoffmeßmaschinen für den Kleinhandel und vier Bauarten von Drahtmeßmaschinen wurden probeweise zugelassen; ferner wurden drei Ledermeßmaschinen neu geeicht.

In den Laboratorien für Waagen wurden 150 Prüfungen ausgeführt. Ferner wurden u. a. 17 Bauarten für Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtung endgültig und 35 Bauarten probeweise zur Eichung zugelassen. Die Systemprüfungen von Waagen zur selbsttätigen Abwägung des Füllgutes wurden fortgesetzt. Für Abwägung von Markenartikeln und dergleichen wurde eine neue Gattung eichfähiger Waagen „zur Herstellung gleicher Packungen“ zugelassen.

Das Laboratorium für Aräometrie und Glasgeräte hat in den Volumenbestimmungen von Menisken fortgefahren, hauptsächlich um eine genauere Stickstoffbestimmung mit Mikroazotometern nach Prof. Pregl zu ermöglichen. Diese werden in der organischen Elementaranalyse viel gebraucht. Eine Reihe von aräometrischen Gebrauchsnormalen der Eichbehörden für Mineralöle wurden genau untersucht. Sie sollten eigentlich auf 0,000 01 genau sein; aber es zeigte sich, daß die Ablesegenauigkeit nur 0,000 05 beträgt und daß sich die Instrumente sogar bis 0,0002 falsch einstellen können, indem sie wegen ungleichmäßiger Benetzung nicht tief genug eintauchen. Geprüft wurden 120 Geräte.

Von dem Laboratorium für Gas- und Wassermesser wurden 50 Sonderkonstruktionen oder neue Arten von Meßgeräten zugelassen, sowie etwa 40 Prüfungen ausgeführt. Die Fragen des Verhaltens von Aluminium als Werkstoff für Bierfässer und der Eichung genormter Milchflaschen werden behandelt.

Arbeiten der Abteilung für Elektrizität und Magnetismus

Die elektrische Entladung durch Wasserstoff spaltet die Moleküle zum Teil in freie Atome auf. Die Atomkonzentration wurde gemessen, indem hinter einem engen Spalt durch einen metallischen Katalysator die Atome wieder zu Molekülen vereinigt wurden und das sich dabei einstellende Konzentrationsgefälle im Spalt beobachtet wurde.

In Fortsetzung früherer Arbeiten wurde der elektrische Widerstand von Kupfer-Einkristallen, Eisenkristallen und gezogenen Eisendrähten bis herab zu — 271,9 ° untersucht. Keine dieser Proben wurde supraleitend. Der Widerstand der Kupferkristalle sank nur auf etwa 0,0003 des bei 0 °C beobachteten Wertes.

Aus Versuchen an Proben von Aluminium, Gold, Kupfer, Eisen, Platin und Wolfram über den Wärmeleitwiderstand w und den elektrischen Widerstand ϱ bei — 190 und — 253 ° wurde die folgende Gleichung abgeleitet:

$$\frac{\varrho}{w\,T} = \frac{2{,}22 \cdot 10^{-8}}{1 + \frac{\varrho_i}{\varrho}\,k\,\frac{\Theta}{T}},$$

d. i. das Wiedemann-Franz-Lorenzsche Gesetz, erweitert durch das zweite Glied im Nenner rechts, worin ϱ_i den Widerstand des ideal reinen unverfestigten Metalls bedeutet, Θ seine charakteristische Temperatur nach Debye und k eine Konstante zwischen ¼ und ⅛. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit von deutschen Aluminiumsorten an 94 Proben von hartem und weichem Werkstoff wurde zu Ende geführt. Das spezifische Gewicht des Aluminiums, an neun Proben untersucht, beträgt 2,702. Insbesondere für Zwecke des Flugzeugbaues wurden Blechproben von Aluminium und von Aluminiumlegierungen mit einer Oxydhaut zum Schutz gegen Witterungseinflüsse überzogen; durch enge Zusammenarbeit mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Berlin-Adlershof hat man eine wesentliche Verbesserung des angewendeten Verfahrens erzielt.

Zur Messung der Abhängigkeit der Torsionszahl von der Temperatur bis herab zu — 253 ° wurde ein Verfahren ausgearbeitet, bei dem der Kristallstab durch einen leichten Schlag gleichzeitig zu freien Torsions- und Transversal-Schwingungen erregt wird.

Durch Messungen des elektrischen Widerstandes von reinem Aluminium wurde festgestellt, daß dieses bis oberhalb 600 °C keinen Umwandlungspunkt hat. Es konnte gezeigt werden, daß die Knicke, die bisher auf einen Umwandlungspunkt zwischen 500 und 600 ° schließen ließen, auf Verunreinigungen durch Silizium und Eisen zurückzuführen sind. Auch die Literaturangabe, daß Wismut bei 75 °C einen Umwandlungspunkt habe, erwies sich als unzutreffend. Die Dielektrizitätszahlen von Luft und Wasserdampf sind so verschieden, bei Zimmertemperatur um etwa 2 vH, daß es aussichtsreich erscheint, den Dampfgehalt der Luft durch Überlagerung der Schwingungen zweier elektrischer Schwingungskreise hoher Frequenz genauer zu messen, als es bisher möglich ist. Hierüber sind Vorversuche im Gang.

Die internationalen Frequenzvergleichungen für drahtlose Telegraphie wurden mit piezo-elektrischen Oszillatoren in Deutschland, Italien, England, Frankreich und den Vereinigten Staaten fortgesetzt. Es scheint, daß man internationale Übereinstimmung auf 0,1 vT wird erreichen können. Messungen an Induktivitätsnormalen zeigten, daß sehr starke Unterteilung der Litzen und Spulen unzweckmäßig ist, weil sich deren Widerstand durch Drahtbrüche ändert. Zur Vorbereitung der internationalen Vereinheitlichung der Röntgen-Einheit wurde die deutsche Einheit mit der französischen verglichen und 2,25 mal so groß gefunden. Die amerikanische und die deutsche Einheit sind ganz gleich definiert, sollten also auch gleich sein. In Amerika wurde aber beim Vergleich deutscher und amerikanischer Dosismesser gefunden, daß die deutsche Einheit um 40 vH größer sei als die amerikanische. Ein Physiker der Reichsanstalt reiste daher nach Amerika und stellte durch Vergleichsmessungen gemeinsam mit den amerikanischen Forschern fest, daß der Unterschied höchstens etwa 3 vH beträgt.

Durch Einbau abgeschützter Kondensatoren in 2 m lange Hartpapierrohre gelang es, Preßgaskondensatoren für verlustfreie Vergleichskapazitäten zur Messung des dielektrischen Verlustwinkels bei Hochspannung zu bauen, die bis 300 kV Spannung verwendbar sind.

Zur stroboskopischen Beobachtung von Bewegungsvorgängen über längere Zeit wurde eine Vorrichtung ausgebildet, bei der die Frequenz der Lichtquelle von dem zu beobachtenden Bewegungsvorgang selbst gesteuert wird und daher stets die gleiche Frequenz wie dieser hat.

Die magnetischen Meßeinrichtungen der Anstalt wurden nach mehreren Richtungen weiter ausgebaut. Die Gültigkeit der Maxwellschen Grundgleichungen für ferromagnetische Körper wird untersucht.

Der in der Reichsanstalt gebaute kleine Vakuum-Hochfrequenzschmelzofen fand außerhalb der Anstalt große Beachtung und wurde teils nachgebaut, teils zum Schmelzen für auswärtige Institute benutzt. Die Versuche über Werkstoffe mit hoher Anfangspermeabilität wurden fortgesetzt.

ie Anfangspermeabilität des reinen Eisens von 600 bis 700 ird durch Zusatz von 0,5 vH Silizium auf 2000 erhöht. n rasch abgekühlten Eisen-Nickel-Legierungen, die in der nstalt selbst hergestellt waren, gelang es, Anfangspermeabilitäten bis etwa 14 000 und Koerzitivkräfte bis herunter 0,018 Gauß zu erhalten, dem bislang wohl überhaupt einsten gemessenen Wert.

Die Abteilung hat mehr als 4500 Prüfungen vorgenommen und 29 Systeme und Abänderungen von Elektrizitätshlern usw. zugelassen. Die acht elektrischen Prüfämter aben 91 900 Gegenstände geprüft.

Arbeiten der Abteilung für Wärme und Druck

Die Messungen der spezifischen Volumina von Helium, asserstoff, Neon, Stickstoff nud Argon bei 0 ° und 1000 °C urden bis zu 200 at weitergeführt; einfache empirische Zuandsgleichungen für den ganzen Meßbereich wurden aufestellt. Nach den Ergebnissen dieser Messungen wurden ie Unterschiede zwischen den Temperaturen nach der ermodynamischen Skala und nach dem Gasthermometer onstanten Volumens im Temperaturbereich — 260 ° bis - 400 ° neu berechnet. Dieser Unterschied ist, wie bekannt, ir Helium am geringsten, beträgt aber auch da noch bei 00 ° etwa 0,03 ° gegenüber 0,15 ° für Stickstoff, und bei - 260 ° etwa 0,04 °.

Die Temperatur der Flamme des Azetylen-Sauerstoffgebläses wurde nach dem Kurlbaumschen Verfahren der inienumkehr mit Mitteln der Notgemeinschaft der Deutchen Wissenschaft und des Fachausschusses für Schweißechnik gemessen[2]). Sie betrug an der heißesten Stelle 050 °. Das sekundäre Temperaturnormale zwischen 630 ° nd 1063 ° ist das Thermoelement. Nunmehr ist es gelungen, nit Platin-Widerstandsthermometern, bei denen der Draht uf ein Porzellankreuz statt auf ein Glimmerkreuz aufgewickelt wurde, bis 1100 ° auf 0,1 ° genau zu messen, was lie Aussicht eröffnet, bis zu dieser Temperatur das Widerstandsthermometer als Normale einführen zu können. Bei dem persönlichen Meinungsaustausch von Vertretern des amerikanischen, des deutschen und des engischen Staatsinstitutes im September 1927 hat man sich auf inen Vorschlag für die internationale Temperaturskala geinigt, der mit der deutschen gesetzlichen Temperaturskala ibereinstimmt.

Messungen der Wärmeleitzahl von Eis wurden an 18 Eisplatten vorgenommen. Hiernach springt die Wärmeleitzahl beim Gefrieren auf den vierfachen Betrag der Wärmeleitzahl des Wassers und verdoppelt sich bei Abkühlung des Eises auf — 120 ° nochmals. Im Anschluß an die Versuche wurde auch die Wärmedehnung von Eis bis herab zu — 253 ° gemessen.

Die Versuche über den Wärmeübergang bei Kondensation von Satt- und Heißdampf in einem außen gekühlten Rohr, die mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und des Vereines deutscher Ingenieure ausgeführt wurden, haben bei Atmosphärendruck unter möglichst guten Vergleichsbedingungen in befriedigender Übereinstimmung mit Nußelts Theorie einen etwas besseren Wärmeübergang bei Heißdampf als bei Sattdampf ergeben. Wo man in der Praxis das Gegenteil beobachtet hat, wird im allgemeinen ein erhöhter Wärmewiderstand auf der Seite der Flüssigkeit schuld daran sein[3]).

Für die Messungen der Verdampfungswärme oberhalb 20 at wurden, ebenfalls mit Unterstützung der oben genannten Stellen, eine Einrichtung gebaut, bestehend aus einem Verdampfer von 6,5 l Inhalt aus Kruppschem Chromnickelstahl, Kondensationsgefäßen aus einer Nickellegierung des Allgemeinen Deutschen Metallwerkes, Oberschöneweide, und einem als Wärmeschutzmantel dienenden elektrisch geheizten Aluminiumzylinder von 800 mm Länge, 200 mm Dmr., 50 mm Wanddicke, der von der Metallhütte Baer & Co., Rastatt, gegossen wurde.

Die Auswertung der Messungen großer Gasmengen ist abgeschlossen. Für die normalen Düsen werden Durchflußzahlen angegeben, die von 0,96, dem von Jakob und Erk[4]) bei Reynoldsschen Zahlen $R = 100\,000$ bis $300\,000$ ermittelten Wert, bis über 0,99 bei $R = 1\,000\,000$ zunehmen. Auch die Durchflußzahlen der normalen Stauränder steigen mit der Reynoldsschen Zahl an[5]).

[2]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 10 S. 343.
[3]) Die Versuche erscheinen demnächst in den „Forschungsarbeiten" als Heft 310.
[4]) Forschungsarbeiten Heft 257.
[5]) Die Versuche erscheinen demnächst in den „Forschungsarbeiten" als Heft 311.

Um die Beziehung zwischen dem Molekularvolumen einer Verbindung und ihrer Bestandteile zu prüfen, wurden die Volumina organischer Verbindungen bei — 248 ° bestimmt. Bei den Stoffen der aromatischen Reihe stimmen die aus den Teilvolumen berechneten Gesamtvolumen mit den gemessenen überein, bei den aliphatischen aber treten beträchtliche Unterschiede auf, an deren Aufklärung weitergearbeitet wird.

Der Meßbereich der Druckwaagen der Reichsanstalt wurde bis zu 2000 at erweitert; ein Differentialmanometer für sehr hohe Drücke ist im Bau.

Die Abteilung führte über 8900 Prüfungen aus, abgesehen von der Massenprüfung von fast 691 000 Fieberthermometern. Die Thermometerprüfanstalten unter der technischen Aufsicht der Reichsanstalt prüften außerdem 9100 nicht ärztliche und etwa 6 274 000 Fieberthermometer.

Arbeiten der Abteilung für Optik

Mittels Kathodenzerstäubung in Wasserstoff konnten halbdurchlässige Silberschichten auf Glas und Quarz von der hohen Reflektionszahl 0,93 hergestellt werden. Die zu versilbernden Flächen müssen vor der Bestäubung mit einer sehr dünnen Schicht von Vaseline oder Seife überzogen werden, damit das Silber fest haftet und Aufrauhen des Spiegels vermieden wird.

Die Versuche zur Verwirklichung einer rationellen Lichteinheit werden mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft fortgesetzt. Das im Vorjahr entwickelte Verfahren der selbstaufzeichnenden Lampenphotometrierung ist zur Aufnahme räumlicher Lichtverteilungskurven in Polarkoordinaten erweitert worden.

Das Interesse an dünnen Metallfolien hat im Berichtjahr sehr zugenommen. Sie wurden auf der internationalen Ausstellung in Mailand und auf der Berliner Werkstoffschau vorgeführt; ein Teil der Folien ist dem Deutschen Museum in München überlassen worden. Die Anwendungen für viele Zwecke, z. B. für Bildtelegraphie und für medizinische Untersuchungen wurden weiter verfolgt. Neuerdings ist es gelungen, dünne spiegelnde Membranen zu gewinnen, die so eben sind, wie die bestgeschliffenen Glasspiegel. Ferner ist es gelungen, aus feinen Drähten von etwa 0,005 mm Dicke Vakuumthermoelemente herzustellen mit einer Auffangfläche von $0{,}8 \times 0{,}04$ mm an der Verbindungstelle. Die Strahlungsempfindlichkeit dieser Elemente mit etwa 2 s Einstellzeit beträgt 3,5 Mikrovolt für 10^{-8} cal/s.

Über die Flugzeugpeilung durch Ultrarotstrahlung, die für nebeliges Wetter wichtig ist, wurde ein Gutachten ausgearbeitet.

Eine planmäßige vergleichende Untersuchung von Stahlkugeln von 3 bis 13 mm Dmr. auf Übereinstimmung der Durchmesser jeder Sorte und auf Rundheit der einzelnen Kugeln ist in Angriff genommen worden. Geprüft werden etwa 1000 Kugeln, je 20 Kugeln von einer Sorte, von deutschen, schwedischen, englischen, französischen und amerikanischen Erzeugern.

Kadmiumdampf-Bogenlampen aus Quarzglas von Heräus, Hanau, wurden auf ihre Brauchbarkeit zur Erzeugung der roten Kadmiumlinie von 0,6439 μ Wellenlänge als Wellenlängennormale untersucht. Die Berechnung der Lichtbrechung des Quarzes auf Grund der Messungen der Reichsanstalt ergaben, daß die Genauigkeit im sichtbaren Spektrum eine Einheit, im Ultrarot etwa 5 Einheiten der 6. Dezimale beträgt. Eine große Anzahl von Glasproben mit gesteigerter Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen wurde untersucht. Geringe Verunreinigungen der Gläser durch Eisenoxydul, das durch Strahlung in Eisenoxyd übergeht, bewirken oft schon nach wenigen Stunden eine Abnahme der Durchlässigkeit im Ultraviolett. Die Prüfungen haben ergeben, daß dieser Rückgang bei den untersuchten deutschen Glassorten viel geringer ist, als bei den amerikanischen Gläsern.

Die internationalen Vergleichungen der Lichtstärke wurden fortgesetzt. Bei einer Tagung von Ausschüssen der Internationalen Beleuchtungs-Kommission in Bellagio, Oberitalien, haben die Vertreter der vier maßgebenden Staatsinstitute sich auf ein Arbeitsprogramm geeinigt, um den Farbensprung photometrisch zu überbrücken. Es soll eine Reihe von Blaufiltern nach den verschiedenen Verfahren in allen vier Instituten ausgemessen werden und das best wiederholbare Verfahren allgemein angenommen werden. Die Abteilung beteiligte sich ferner an den Arbeiten zur Normung von Beleuchtungsglas und auf Anregung des Reichsverkehrsministeriums von Signalgläsern und prüfte insgesamt 1160 Gegenstände, Gläser, Lampen usw. [N 2020]

Berlin Max Jakob

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Elektrisches Nachrichtenwesen

Neues Gerät für Bildtelegraphie von Bélin

Man hat heute im wesentlichen zwei Verfahren der Bildtelegraphie: das elektrolytische und das photoelektrische[1]). Ersteres ist fast ausschließlich einfacher (Dieckmann, München: Wetterkartenübertragung; Radiolytteren, Kopenhagen: Kurzwellen-Bildrundfunk von Strichzeichnungen; Fulton, Wien: Halbtonübertragungen für Rundfunk; Telefunken: elektrolytischer Bildschreiber für Heer und Marine). Von diesen Verfahren soll hier nicht gesprochen werden.

Die hochwertigen Verfahren der Bildtelegraphie benutzen heute fast ausschließlich zur Abtastung die Photozelle und zum Aufzeichnen einen Lichtstrahl, der durch besondere Mittel gesteuert wird. In dieser Steuerung aber unterscheiden sich die Verfahren. Die Radio-Corporation verwendet auf der Aufnahmeseite auch eine Photozelle, benutzt aber zum Aufzeichnen einen feinen Strahl heißer Luft.

Zur Übertragung von Tonbildern (nicht Strichzeichnungen) ist es unbedingt erforderlich, daß das Steuerorgan auf der Wiedergabeseite imstande ist, den Schwankungen des Stromes der Photozelle verhältnisgleich zu folgen. Telefunken benutzt zu diesem Zweck bekanntlich die Kerrzelle, einen Kondensator in Nitrobenzol. Sehr interessant aber ist, wie Bélin, der sich bereits seit 33 Jahren mit Bildtelegraphie befaßt, die Steuerung auf der Wiedergabeseite löst. Abb. 1 zeigt das Schema des Bildtelegraphen BRS 1928 von Bélin, Abb. 2 das ausgeführte Gerät.

Von einer Lichtquelle *g*, Abb. 1 und 2, wird über ein Linsensystem *a b* und ein Prisma *c* auf dem über die Bildwalze *d* gespannten Bild ein Lichtpunkt erzeugt. Gegenüber derjenigen Stelle auf der Bildwalze, auf welcher der Lichtpunkt erscheint, befindet sich die kleine Öffnung *e* (von ⅕ mm Dmr.) einer Dunkelkammer *f*, auf deren der Öffnung *e* gegenüberliegenden, inneren Seite die Photozelle untergebracht ist. Durch die Öffnung *e* wird auf der lichtempfindlichen Schicht der Photozelle ein Abbild des beleuchteten Bildpunktes erzeugt. Die Photozelle ist an einen Verstärker *i* angeschlossen, der die photoelektrischen Ströme verstärkt und dem Telegraphiesender oder der elektrischen Leitung zuführt. In den Lichtstrahlengang der von der Lichtquelle *g* ausgehenden Lichtstrahlen wird eine Lochscheibe *h* eingeschaltet, die den Lichtstrahl mit 1000 Per./s unterbricht. Auf diese Weise wird auch der photoelektrische Strom der Photozelle mit 1000 Per./s unterbrochen, so daß man als Bildzeichenstrom Wechselstrom von 1000 Per./s erhält, welcher durch den Wechsel der Bildzeichen verzerrt ist. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß man durch Transformatoren gekoppelte Niederfrequenz-Verstärker benutzen kann und zur Überbrückung großer Kabellängen mit 2 bis 3 mW Leistung auskommt gegenüber rd. 2 W bei normaler Gleichstromsendung.

[1]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 243, Bd. 69 (1925) S. 1267 u. 1507, Bd. 70 (1926) S. 106, 643, 725, 732, 1124, Bd. 71 (1927) S. 227, Bd. 72 (1928) Nr. 15 S. 507.

Auf der Wiedergabeseite werden die Bildströme meist wieder über einen Verstärker einem Spiegelgalvanometer *k* zugeführt, dessen Spiegel gemäß den Bildströmen einen Lichtstrahl *l* mehr oder weniger ablenkt. Den gespiegelten Lichtstrahl läßt Bélin, und das ist das Neue an seinem Verfahren, nicht etwa, wie z. B. Korn, durch ein Fenster auf die Empfangswalze fallen, sondern er sendet ihn zuvor durch ein eigenartiges Prisma *m*, das folgende Eigenschaften hat: Es absorbiert den Lichtstrahl an den verschiedenen Stellen verschieden stark, sendet aber den gebrochenen Lichtstrahl trotz verschiedenartiger Ablenkung des Strahles im Spiegel des Galvanometers *k* immer wieder auf die gleiche Stelle der Empfängerbildwalze *n* durch das Fenster *o*. Die Absorption des Lichtstrahles durch das Prisma *m* ist verhältnisgleich der Lichtstrahlablenkung, und da diese dem Bildstrom verhältnisgleich ist, so ist auch die Absorption dem Bildstrom verhältnisgleich.

Gleichlauf erzielt Bélin dadurch, daß er auf der Empfangsseite den 1000-Periodenton aussiebt und dem Magnet eines mit der Empfängerbildwalze verbundenen phonischen Rades *p*, Abb. 2, zuführt.

Die Bildgröße beträgt 135 × 95 mm, die Ganghöhe des Lichtstrahles, der die Bildwalze in Schraubenlinien abtastet, ¼ mm. Die Photozelle ist 2 cm lang und 1 cm breit; sie arbeitet bis 400 000 Per./s, der Oszillograph bis rd. 5000 Per./s verzerrungsfrei. Die Übertragung dauert für 135 × 95 mm² große Bilder 2½ min. Mit dem Auswechseln der Bilder usw. stellt sich die Zeit je Bild auf rd. 3½ min, so daß man rd. 15 Bilder in der Stunde übertragen kann. Diese Zeiten beziehen sich auf eine Übertragung über Kabel oder Oberleitungen; ist die Übertragung drahtlos, so kann man leicht 20 bis 24 Bilder stündlich senden.

Über das Fernsehen äußert sich Bélin laut Bericht seines Berichterstatters in der französischen Zeitschrift „L'Antenne"[2]) sehr zuversichtlich; doch dürfte auch er auf dem Gebiet des Fernsehens noch in den Anfängen stecken[3]). Er will das Fernsehen ebenfalls mit Hilfe der Nipkowschen Spirallochscheibe lösen.

[2]) L'Antenne 1928 Nr. 265 bis 268.
[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 52 u. Le Génie Civil Bd. 89 (1926) S. 549.

RZ 1863 Z 1

Abb. 1
Bildtelegraphieverfahren von Bélin

Sender:
- *a*, *b* Linsen
- *c* Prisma
- *d* Bildwalze
- *e* Öffnung von 1/5 mm Dmr.
- *f* Dunkelkammer mit Photozelle
- *g* Lichtquelle
- *h* Scheibe mit konzentrischen Löchern. (Die Löcher befinden sich in der Achse des Linsensystems *a b*)
- *i* Verstärker

Empfänger:
- *k* Spiegelgalvanometer
- *l* Lichtstrahl
- *m* Prisma mit Linse
- *n* Empfängerbildwalze
- *o* Fenster
- *p* phonisches Rad (Abb. 2)

RZ 1863 Z 2

Abb. 2
Aufbau des Gerätes für das Verfahren von Bélin.

Bélin hat bei seinem neuesten Bildfunkgerät BRS 1928 die Mikrophonabtastung eines Reliefs verlassen, weil er, obwohl die erzielten Bilder nicht schlechter waren als die mit dem neuen System erzielten, nicht auf hohe Geschwindigkeiten kam.

Bélin hat auf den Linien von Paris nach Marseille, Lyon, Nizza, Bordeaux und Straßburg die Schwarzweißtelegraphie bereits öffentlich eingeführt. Die hierbei benutzten Apparate sind einfacher als der oben beschriebene. Auf der Sendeseite wird, ähnlich wie bei den elektrolytischen Bildfunkverfahren, ein Metallblatt, das „Bélinogramm“, mit nichtleitender Tinte beschrieben und durch einen Stift abgetastet. An den Stellen, an denen keine Tinte ist, wird über den Taststift ein Stromfluß erzeugt. Auf der Empfangseite wird ebenfalls ein Galvanometer, aber ohne Zwischenschaltung des Absorptionsprismas verwendet.

Berlin-Schlachtensee [M 1863] Dr. F. Noack

Schiffbau

Einschraubenmotorschiffe von 7000 PS_e Leistung

Die Stoomvaart Maatschappij „Nederland“, Amsterdam, hat, veranlaßt durch den guten Erfolg mit ihrem Einschrauben-Motorschiff „Bintang“, vier schnellaufende Motorfrachtschiffe mit Einrichtungen für 12 Fahrgäste im Bau, die gemeinsam in einen Schnelldienst zwischen Holland und Niederländisch-Ostindien eingestellt werden sollen.

Die Hauptkonstruktionszahlen dieser Schiffe sind:

Länge zwischen den Loten	149,35 m
Breite auf Spanten	18,6 „
Seitenhöhe	11,2 „
Tiefgang beladen	8,33 „
Verdrängung	17 450 t
Maschinenleistung	7 000 PS_e
Geschwindigkeit	14,5 Kn.

Alle vier Schiffe erhalten Sulzermotoren. Die Hauptmaschinen sind einfachwirkende Zweitaktmotoren, Abb. 3, von 7040 PS_e bei 100 U/min und haben acht Zylinder von 820 mm Dmr. und 1440 mm Hub; die beiden dreistufigen Einblasekompressoren, Abb. 4, sind angebaut.

Die Motoren sind schon dadurch bemerkenswert, daß sie wohl die größten sind, die bisher für Einschraubenschiffe gebaut wurden. Sie haben den üblichen Aufbau mit mehreren kleineren Verfeinerungen. Die Laterne

RZ 1815 Z 1

Abb. 3
Schnitt durch den 7000 PS-Sulzer-Schiffsdieselmotor mit acht Zylindern von 820 mm Dmr. und 1440 mm Hub. Maßstab 1:50.

RZ 1815 Z 2

Abb. 4
Schnitt durch den Einblaseluftkompressor des Sulzer-Schiffsdieselmotors.

zwischen Arbeitzylinder und Kurbelgehäuse bildet nunmehr ein Stück mit dem Zylindermantel. Die Kurbelwelle besteht aus zwei Teilen. Die Schubstangen sind reichlicher bemessen und mit den in der Marine üblichen aufgeschraubten Lagern mit eingegossenem Weißmetall versehen. Auch die Kreuzkopfzapfen sind zur Verringerung der spezifischen Flächendrücke reichlicher bemessen. Hinter dem angebauten Einring-Drucklager ist das Schwungrad angeordnet. Die Einblaseluftkompressoren, Abb. 4, haben zwei gleiche dreistufige Zylindergruppen mit doppeltwirkenden Niederdruckzylindern; ihre Kurbeln sind um 180° versetzt, so daß sich die Massenkräfte erster Ordnung aufheben. Die Kompressoren haben ebenfalls Kreuzköpfe und Laternen. Für die Kolbenkühlung der Hauptmotoren sind Strahl- und Druckdüsen vorhanden; der Wasserfänger oberhalb der Laufbüchse ist verbessert und mit einem besonderen Ablauf versehen. Kolben und Zylinder werden mit Seewasser gekühlt.

Das einstufige Spülluftgebläse hat ein Laufrad, in das die Luft auf beiden Seiten eintritt. Entsprechend Lloyds Vorschriften hat das Gebläse zwei Antriebmotoren, wovon einer als Aushilfe dient. Nur der erste der vier Hauptmotoren wurde auf dem Prüfstand eingehend erprobt, s. Abb. 5.

Die Anordnung des Maschinenraumes und die Aufstellung der Hilfsmaschinen sind aus Abb. 6 bis 11 ersichtlich. Die Hilfsmaschinen werden ebenfalls durch Sulzer-Dieselmotoren angetrieben, die einige Neuerungen aufweisen. Die Maschinen zum Antrieb der Spülluftpumpen sind nunmehr auch mit Laternen ausgerüstet. Die Kurbelgehäuse sind gegen die Zylinder hin vollständig abgeschlossen; auch die Laufbüchsen der Kolbenkühlung münden oberhalb dieses Abschlusses. Die Anlaßvorventile sind weggelassen und die Geschwindigkeitsreglung ist verfeinert. Spülpumpe und Einblasekompressor sind gegeneinander ausgewuchtet.

Auch bei dem kompressorlosen Hilfsmotor mit Vorkammerzündung, der zum Antrieb des Hilfskompressors dient, ist der Kurbelraum vom Raum unter dem Kolben, der als Spülpumpe wirkt, vollständig getrennt. Motor und Kompressor sind als Kreuzkopfmaschinen gebaut.

[M 1815] Luchsinger

Abb. 5
Prüfstandergebnisse des 7000 PS-Sulzer-Schiffsdieselmotors und des Hilfsdieselmotors.

Eisenhüttenwesen

Glühen von Metallteilen in elektrischen Öfen

Die Warmbehandlung von Motoren- und Kraftwagenteilen der Firma Dodge Brothers, Inc., Detroit[1]), führt man mit einigen Ausnahmen in elektrischen Öfen aus. Die Neuanlage umfaßt über 60 fortlaufend beschickte Öfen mit einem Gesamtverbrauch von 11 400 kW. Außer Öfen für fertig bearbeitete Maschinenteile für rohe und vorgearbeitete Schmiedeteile sind solche für rohe und vorgearbeitete Schmiedeteile vorhanden, durch die die Werkstücke ununterbrochen zur Maschinenwerkstätte wandern.

32 Öfen, und zwar 20 zum Härten und 12 zum Glühen, liefern zusammen rd. 200 t in 24 h; der Stromverbrauch beträgt 7500 kW. Ferner hat man sechs Durchstoßöfen zum Anwärmen der Schmiedestücke und Glühen und zwei Öfen zum Weichglühen von Getrieben aufgestellt. Die Kistenglühöfen, in Gruppen zu je vier Öfen zusammengefaßt, haben etwa 10×3 m² Grundfläche und Herde von $2{,}6 \times 1{,}7$ m². Zwischen den einzelnen Öfen befinden sich 290 mm dicke Wärmeschutzschichten. Der Herdboden besteht aus drei Stahlplatten und einer 250 mm hohen Wandung also Stahl; der Herdboden und die Seitenwände bilden also einen offenen Kasten. Der Herdboden wird von feuerfesten Steinen getragen, die zwischen den Heizkörpern liegen. Die Hitze wird durch die Heizbänder durch den Metallboden ohne große Temperaturabnahme und von den Heizbändern, die vom Gewölbe herabhängen, durch unmittelbare Strahlung übertragen.

Je 450 kg der von der Schmiede gelieferten Teile werden auf einen Einsetztisch, der etwas schmaler als der Ofenherd ist, geladen. Die Einsetztische stehen auf Gestellen in der gleichen Höhe wie die Ofensohle, so daß die Lademaschinen sie leicht aufgreifen können. Sie bestehen aus U-Eisenrahmen mit einem schweren Gußstahlverbindungsstück am Ende, in deren Schlitz ein T-förmig ausgebildeter Ansatz an der Stange der Einsetzmaschine eingreift. Mittels einer Spindel mit Gewinde, die unterhalb der Stange der Einsetzmaschine läuft, zieht man die Einsetztische wieder aus dem Ofen heraus. Das Herausstoßen der fertigen Beschickung und Einsetzen der neuen Beschickung dauert rd. 30 s; die Temperaturen sinken hierbei um rd. 10 °C. Jeder Ofen verbraucht zum Aufheizen 154 kW und 135 kW, um ihn auf der Temperatur von 900 °C zu erhalten. Unmittelbar hinter den Öfen stehen die Kühltröge; die ausgestoßenen heißen Metallteile fallen unmittelbar in Körbe, die in der Kühlflüssigkeit hängen, und werden dann mit dem Laufkran herausgehoben und weiter befördert. Die Kühlflüssigkeit, eine Sodalösung von 10° Bé, wird mit einer Geschwindigkeit von etwa 4550 l/min durch die Kühlbehälter gepumpt. Bei den Öfen, die an der Luft abkühlenden Stahl verarbeiten, hängen die Körbe in der Luft.

Z. B. werden 28 Achsen oder 40 Nockenwellen eingesetzt, die 1 h bei 900 °C im Ofen bleiben, oder 16 Kurbelwellen, die bei 845 °C 2 h im Ofen bleiben. In sechs Durchstoßöfen, darunter zwei von je etwa 7,6 m Länge und zwei für größere Hitzen von je 4,6 m Länge, glüht man diese Teile. Zwei Öfen setzen bei 730 °C 2360 kg durch. Der Stromverbrauch beträgt 430 kW, während zwei andre Öfen bei derselben Leistung 570 kW brauchen.

Die drei elektrischen Einsatzhärtöfen mit drehbaren Herden haben außen etwa 8 m Dmr. und sind 5,7 m hoch, davon 4 m über Hüttensohle. Die Drehtische haben außen 6,9 m und innen 3,7 m Dmr. Die Einsatzmenge beträgt zwischen 60 und 70 t. Die Drehtische machen in 10½, 13½ und 16½ h eine Umdrehung. Die Glühkisten ($290 \times 405 \times 212$ mm³) haben gegossene Kantenleisten und gewalzte in die Leisten eingegossene Seitenwände aus einer Nickel-Chrom-Legierung.

Die Beheizungskosten der elektrischen Öfen sind etwas höher als die der Ölöfen; dagegen sind die Arbeitslöhne um die Hälfte geringer, da die drei Drehöfen dasselbe leisten wie vordem 26 Ölöfen.

Nockenwellen, Zahnkränze, Ritzel und einige andre Teile läßt man in den Einsatzkisten erkalten. Diese Teile behandelt man in sieben Gegenstromöfen von je 159 kW Stromverbrauch. Die 21,7 m langen Öfen haben 1,8 m breite Herde; sie sind als Doppelöfen ausgebildet. Die Vorwärmzone ist etwa 4,88 m lang, dann kommt eine etwa 2 m lange Heizzone und dann eine etwa 7 m lange Zone, in der die Temperatur auf gleicher Höhe gehalten wird. Der Kraftverbrauch für die Aufheizzone beträgt 55 kW und der für das Halten der Temperatur auf gleicher Höhe 49 kW. Die in die Öfen eingebrachten Kisten oder Töpfe werden in der Vorwärmzone auf 400 bis 425 °C, in der Mitte der Kiste gemessen, in der Heizzone auf 900 °C und in der Zone der gleichbleibenden Temperatur auf 910 °C erwärmt. Bei 32 h Einsatzdauer erreicht man eine Härteschicht von etwa 1,5 mm. [N 2050] Ste.

[1]) „The Iron Age" Bd. 122 (1928) S. 389.

Abb. 6 bis **11**
Anordnung des Motors und der Hilfsmaschinen auf den Motorschiffen der Stoomvaart Maatschappij „Neederland“.
Maßstab 1:300.

a Hauptmotor
8-Zyl. einf. wirkend. Zweitakt 820 mm Zyl.-Dmr. 1440 mm Hub 7040 PS_e bei 100 U/min

b Hilfsmotoren
4-zyl. einf. wirk. Zweitakt 340 mm Zyl.-Dmr. 540 mm Hub 360 PS_e bei 180 U/min gekuppelt mit Gleichstrommaschine für 220 V.

c Kompressorloser Hilfsmotor
4-zyl. einfach wirkend. Zweitakt 300 mm Zyl.-Dmr. 400 mm Hub 220 PS_e bei 360 U/min gekuppelt mit Kompressor mit 4 dreistufigen Zyl. 700 m³/h bei 65 at

d Hilfskompressor

e Spülluftgebläse
950 m³/min bei 2450 U/min

f Kühlwasserpumpen
für 400 m³/h bei 3 at

g Druckölpumpen
für 55 m³/h bei 3 at

h Druckölpumpen
für Kreuzkopfschmierung

i Bilgepumpen

k Frischwasserpumpen

l Ballastpumpe

m Klosettpumpe

n Brennstoff-Übernahmepumpe

o Brennstoff-Betriebspumpen

p Brennstoff-Umwälzpumpen

q Speisepumpen

r Umformer

s Schalttafel

t Anlaßluftbehälter
11 m³ Inhalt 30 at

u „ 0,8 m³ Inhalt 70 at

v Reserveluftbehälter
0,245 m³ Inhalt

w Einblaseluftbehälter

x 65 m²-Abgaskessel für 5 at

y Druckölpumpen für Hilfsmaschinen

z Schmierölfilter

a_1 Schmierölkühler

b_1 Treibölschleuder

c_1 Schmierölschleuder

d_1 Treiböl- und Schmierölvorwärmer

e_1 Ölfilter

f_1 Warmwasserbehälter

g_1 Kolbenkühlwasserbehälter

h_1 Funkenfänger

i_1 Kokosölpumpe

k_1 Reinigungstrog für Ölschleudereinsätze

l_1 Reserveölpumpe

Kleine Mitteilungen

Fortschritte der Kohlenstaubfeuerung

Das Cahokia-Kraftwerk der Union Electric Light & Power Co., St. Louis, war das zweite Elektrizitätswerk mit Kohlenstaubfeuerung in den Vereinigten Staaten. Die Erfahrungen mit den fünf verschiedenen Kesseln, die seit 1923 in Betrieb genommen wurden, verdienen daher Beachtung. Die wirtschaftliche Überlegenheit des zuletzt aufgestellten Kessels ergibt sich aus der Ersparnis von 42 vH an Betriebskosten und von 53 vH an Anlagekosten, bezogen auf 1 t verfeuerte Kohle. Dieses Ergebnis wurde erreicht durch: 1. billigere Aufbereitung in Einheitsmühlen; 2. bessere Anpassung des Feuerns an den Brennstoff; 3. Verminderung der Erhaltungskosten durch Kühlen der ganzen Feuerraumwände mit Wasser; 4. Vermeidung von Schlackenansatz in der Brennkammer durch wagerechten Einbau der Brenner; 5. Steigern der Verdampfleistung durch Heizflächen an den Feuerraumwänden, Wirbeln der Flamme und bessere Zugeinrichtung.

Die künftige Entwicklung richtet sich auf: 1. leichteres Ausbessern der Kohlenmühlen; 2. kräftigeres Wirbeln der Flamme und höhere Brennkammertemperaturen (Feuerraumbelastungen von rd. 530 000 kcal/m³h hat man bereits erreicht); 3. Verringern der Kosten von gekühlten Wänden und Verbessern des Wasserumlaufs; 4. Einbau von Strahlüberhitzern außer Konvektionsüberhitzern zur Erzielung höherer und gleichmäßigerer Überhitzung; 5. Verminderung der Flugaschenmenge in den Rauchgasen. („Mechanical Engineering" Oktober 1928 S. 767*) [N 216 a] Le.

Zweigehäusiger Turbokompressor für 2200 m³/min Luft

Die Firma Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz), wurde von der Victoria Falls & Transvaal Power Co., Johannesburg, mit der Lieferung eines dreistufigen Turbokompressors betraut, der bei 0,85 at abs Ansauge- und 9,5 at abs Enddruck 2200 m³/min Luft fördert. Die Drehzahl beträgt rd. 2700 U/min bei rd. 10 000 kW Leistungsaufnahme.

Der Kompressor hat zwei Gehäuse; in dem einen Gehäuse sind sechs Laufräder der Niederdruckstufe, im andern sechs der Mitteldruck- und drei der Hochdruckstufe untergebracht. Die beiden Wellen sind elastisch miteinander gekuppelt. Die Luft wird in Oberflächenkühlern nach dem Grundsatz der Außenkühlung gekühlt. Während des Betriebes können die Kühler gereinigt und Kühlerbündel herausgezogen werden, ohne daß der Zylinderdeckel entfernt werden muß. Zum Antrieb dient eine Dampfturbine, Bauart Brown Boveri, die für rd. 14 at abs Druck und 320 ° gebaut ist. [N 2168 b] Sd.

Kühlmaschinen mit Dieselmotorenantrieb

Auf dem Motorschiff „Highland Monarch" von 14 000 t haben die beiden Hauptkühlmaschinen unmittelbaren Dieselmotorantrieb. Bei jeder Gruppe sind zwei Ammoniak-Kompressorzylinder mit 292 mm Dmr. und 380 mm Hub und vier einfachwirkende Dieselzylinder mit 419 mm Dmr. und 609 mm Hub auf einer Grundplatte und mit gemeinsamer Kurbelwelle zusammengebaut. Die Zylinder sind wagerecht zu beiden Seiten der Kurbelwelle angeordnet. Diese trägt zwischen den Diesel- und den Kompressorzylindern das Schwungrad. Die Drehzahl beträgt 92 bis 125 U/min. Bei 92 U/min leistet die Dieselmaschine rd. 159 PS_e. Während des achtstündigen Probelaufes auf dem Prüfstand leistete sie bei 179 U/min 308 PS_e und verbrauchte 180 g/PS_eh Brennstoff, dabei betrug die Abgastemperatur 307 °.

Das Schiff hat 158,5 m Länge zwischen den Loten, 21,03 m Breite, 10,89 m Seitenhöhe und 7,46 m Tiefgang. Die Verdrängung beträgt 18 207 t. Die beiden doppeltwirkenden Achtzylinder-Viertaktmotoren, Bauart Harland & Wolff-Burmeister & Wain, mit 680 mm Zyl.-Dmr. und 1600 mm Hub leisten je 4000 PS_e bei 100 U/min und geben dem Schiff eine Geschwindigkeit von 15 Kn. Das Schiff bietet Raum für 135 Fahrgäste 1. Klasse, 66 Fahrgäste der Touristenklasse und 600 Auswanderer. Die Laderäume sind in der Hauptsache als Kühlräume ausgebaut. Insgesamt sind 14 158 m³ isoliert und nur 1699 m³ wie gewöhnlich eingerichtet. („The Engineer" 12. Oktober 1928 S. 402*) [N 2168 c] Ls.

Maschinenbetrieb auf einer amerikanischen Großfarm

Die 150 000 Morgen große Campbell-Farm in Montana wird bis in alle Einzelheiten nach den Grundsätzen eines Fabrikbetriebes bewirtschaftet. 56 Schlepper mit 3000 PS Gesamtleistung, 500 Pflüge verschiedener Bauarten, 600 Breitsämaschinen, 72 Bindemäher, 21 Mähdrescher und 11 ortfeste Dreschmaschinen bewältigen die Bestellung und die Ernte. Für Einbringung der Ernte sind viele Lastzüge erforderlich. Die Maschinen werden von technisch gebildeten Fachleuten bedient, so daß die kleineren Maschinenschäden auf dem Felde ausgebessert werden; für große Ausbesserungen und das Überholen der Maschinen ist eine eigene große Werkstätte eingerichtet. („Mechanical Engineering" Oktober 1928 Nr. 10 S. 748*) [N 2168 d] Ro.

Rohrleitung für Erdgas

Von den Erdgasquellen bei Amarillo in Texas wurde eine 603,5 km lange Rohrleitung nach Denver, Colorado, in 193 Tagen verlegt. Die Rohre der Hauptleitung haben teils 508 mm, teils 559 mm l. W. An Flußübergängen wurde die Hauptleitung in sechs oder sieben Einzelleitungen von je 273 mm l. W. geteilt, die auf dem Flußbett im Bogen gegen die Strömung verlegt sind. Diese Rohre haben Gewindekupplungen. Mit jeder Kupplung ist eine besonders entworfene Flußverankerung von rd. ¾ t Gewicht verstiftet. Die übrigen Rohre sind glatt, rd. 6 m lang und durch Dresser-Kupplungen mit Dichtungsringen aus Gummi verbunden. In Abständen von rd. 16 km sind Absperrschieber in die Leitung eingebaut.

Mit der Leitung können bei vier Verdichterwerken täglich rd. 2,8 Mill. m³ Erdgas befördert werden. Für den gegenwärtigen Bedarf genügt der natürliche Quelldruck, der rd. 28 at beträgt. Zur Zeit wird 53 km nördlich von Amarillo eine Hochdruck-Pumpanlage mit drei Maschinen von je 1000 PS Leistung errichtet; damit wird auch eine Anlage zur Gewinnung von Benzin verbunden. („Engineering News-Record" 4. Oktober 1928 S. 509*) [N 2168 e] Schr.

Senkrechte Kabelprüfmaschine für 900 t Last

Zur Prüfung der Kabel für die Hängebrücke über den Hudson bei New York, — die Spannweite zwischen den beiden Stützen beträgt 1066 m — hat die Riehle Brothers Testing Machine Co., Philadelphia, für die Firma J. A. Roebling Sons Co., Trenton, N. J., eine rd. 13 m hohe Prüfmaschine im Gewicht von rd. 125 t gebaut. In der Prüfmaschine kann man 7,6 m lange Kabel und andre Teile bis zu 1,9 m Breite prüfen. Ein 75 PS-Elektromotor regelbar zwischen 800 und 1600 U/min überträgt seine Leistung auf drei Spindeln, von denen eine 450 t und zwei je 225 t Last aufnehmen. Die Kräfte werden mittels Laufgewichtwaage gemessen. („Engineering News-Record" 4. Oktober 1928 S. 526*) [N 2168 f] Gw.

Zinküberzüge

Versuche mit sehr reinem Zink, enthaltend 99,25 vH Zn, 0,8 vH Pb und 0,02 vH Fe, haben zwar ergeben, daß die verzinkten Bleche einen guten Glanz aufweisen, daß aber nach 3- bis 4tägiger Arbeit das Bad mit Eisen verunreinigt ist. Blei ist im allgemeinen weniger schädlich, da es sich nur in sehr geringen Mengen mit Zink legiert und der Überschuß zu Boden sinkt; ein Eisengehalt über 0,08 vH beeinflußt die Verzinkung schädlich. Die American Society for Testing Materials hat daher auch bestimmt, daß bestes Blockzink nicht über 1,6 vH Pb und nicht über 0,08 vH Fe enthalten soll.

Der Eisengehalt ist aber, besonders in der Mitte der Blöcke, meistens höher; eine ständige chemische Überwachung der Zinkzusammensetzung wird deshalb empfohlen. Den höheren Eisengehalt des Zinkes kann man schon am Bruchaussehen nachweisen; die Bruchstelle hat eine mehr messinggelbe Farbe, das Korn ist feiner und sandiger, während reines Zink einen bläulichen Glanz und große glänzende Kristalle aufweist. Bestes handelsübliches Zink kann man zwei bis drei Wochen verwenden, ehe es mit Eisen soweit gesättigt ist, daß sich Verunreinigungen ausscheiden, die die Oberfläche trüben. Wird jedoch das Zink überhitzt, so tritt diese Verunreinigung viel rascher ein. Eisen macht den Zinküberzug spröde und verringert den Schutz gegen Anfressungen. Ein Kadmiumgehalt, der vielfach im Zink nachgewiesen wird, ist für die Verzinkung nicht günstig; dagegen setzt man dem Zinkbad geringe Mengen Aluminium zu, das den verzinkten Gegenständen einen guten Glanz verleiht. Auch geringe Mengen Zinn sind vorteilhaft. Antimon, das oft durch Einschmelzen von Abfall in das Zinkbad kommt, macht den Zinküberzug spröde und gelblich. („The Iron Age" 4. Oktober 1928 S. 811) [N 2168 g] Ste.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204)

Anwendungen der mathematischen Statistik auf Probleme der Massenfabrikation. Von R. Becker, H. Plaut und I. Runge. Berlin 1927, Julius Springer. 119 S. m. 24 Abb. Preis 7,50 ℛℳ.

Die Erzeugnisse der Massenfertigung unterliegen hinsichtlich wichtiger Eigenschaften denselben „statistischen" Gesetzen, die sich in den Schwankungen dieser Eigenschaften von Einzelstück zu Einzelstück kundtun und in der Vererbungs- und Bevölkerungslehre, in der Nationalökonomie, insbesondere im Versicherungswesen, in der Meteorologie u. a. naturwissenschaftlichen Disziplinen schon seit langem zu brauchbaren Aussagen über Mittelwerte, Abweichungen, Fehlergrößen, Wertbestimmungen in diesem Sinne, Einheitlichkeit der Menge usw. benutzt werden. Die „Großzahlforschung" in der Technik zu begründen, ist zuerst von Daeves und Czochralski versucht worden.

Das vorliegende Buch zeigt — am Beispiel der Glühlampenindustrie —, daß mathematische Statistik, die Wahrscheinlichkeits- und die Kollektivmaßlehre, alle die Fragen zu lösen gestattet, mit denen sich die „Großzahlforschung" zu befassen suchte, und daß sie darüber hinaus weitere, praktisch wichtige Aussagen erlaubt. Die Ableitung der erforderlichen Formeln und bequemerer Näherungsausdrücke ist in einem besonderen Teil durchgeführt, so daß der Praktiker ziemlich ungestört die unmittelbare Nutzanwendung aus den ersten vier Abschnitten entnehmen kann.

Der praktische Teil behandelt die Beurteilung einer Menge auf Grund einer Probe, die zu den Begriffen Mittelwert, Streuung, „Verteilungskurven" gehörenden Definitionen und Erwägungen über Einheitlichkeit der Menge, Zweckmäßigkeit der Probenwahl, der Auswahl der „Eigenschaft" u. a. m. Um die Wirkung von Betriebsveränderungen (Verbesserungen?) werten zu können, werden später die Grundlagen für den Vergleich zweier Mengen auf Grund zweier Proben dargestellt. Von erheblicher praktischer Bedeutung sind die Ausführungen über „richtige" Abnahmebedingungen, Risiko, Wiederholung von Proben usw.

Sehr wichtig und wohl der schwierigste Teil der praktischen — und auch der theoretischen — Durchführung ist der Gang der Untersuchung über den Zusammenhang zweier Eigenschaften des Einzelstückes, die sogenannte Korrelation. Bei mehr als zwei Eigenschaften ist übrigens auch die reine Theorie nicht sehr ausgebaut und algebraisch schwierig.

Das ausgezeichnet geschriebene Buch ist zeitgemäß und schafft die Grundlage, die den Ingenieur in den Stand setzt, die Methoden der Kollektivmaßlehre auf jedes Fabrikationsgebiet mit Erfolg anzuwenden. Es ist dies auch die einzig mögliche Grundlage zu „sicherer" Großzahlforschung.

Das Buch ist ein neues Beispiel dafür, wie die Methoden der Statistik auf allen Gebieten, in denen der Mensch lebt, erntet, erzeugt und fördert, immer weiter vordringen.
[E 1988] Reg.-Bmstr. Dr.-Ing. Fr. Eisner

Technische Fortschrittsberichte, 17. Bd.: **Fortschritte in der Kaliindustrie.** Von C. Hermann. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 117 S. m. 31 Abb. Preis 8 ℛℳ.

Die vorliegende auf Grund umfassender Kenntnisse der verschiedenen Verfahren der Kalisalzverarbeitung verfaßte Schrift schildert im einzelnen die Behandlung des Karnallits, Sylvinits und des Hartsalzes, sowie die verschiedenen technischen Verfahren zur Gewinnung von reinen Kalisalzen aus den genannten Rohsalzen des Kalibergbaus. Die Beziehungen der Kaliindustrie zur Technik des Apparatebaus haben sich in den letzten Jahren bedeutend erweitert und auch zur Ausbildung einer Reihe von neuen Vorrichtungen geführt, die nicht nur in der Kaliindustrie selbst Bedeutung erlangt haben. Es sei hier nur an die neueren Löseapparate, Kühler, Trockner und an besondere Förder- und Verladeeinrichtungen erinnert, die von der deutschen Maschinenindustrie ausgebildet worden sind.

Der zweite, kürzere Teil dieser für Chemiker und Ingenieure gleich wertvollen Arbeit behandelt die Nebenerzeugnisse der Kalisalzbearbeitung: Kieserit, Bittersalz, Glaubersalz, Chlormagnesium, Magnesia und Salzsäure, Brom, Bromsalze, Borazit und Rubidium. Übersichten über das Fachschriftentum, ein sorgfältiges Sachverzeichnis und gute Abbildungen erhöhen den Wert der vorliegenden Schrift, die mit Recht weniger Wert auf Vollständigkeit als auf Brauchbarkeit für den Praktiker legt.
[E 2016] H. Großmann

Die nutzbaren Mineralien mit Ausnahme der Erze und Kohlen. Von Bruno Dammer und Oskar Tietze. 2. Aufl. 2. Bd. Stuttgart 1928, Ferdinand Enke. 785 S. m. 128 Abb. Preis 50 ℛℳ.

Die erste Auflage des in zwei Teilen 1913 und 1914 erschienenen Buches war infolge des Weltkrieges veraltet. Infolgedessen war eine Neuauflage nötig geworden, in der der Veränderung der wirtschaftlichen Verhältnisse und der Verschiebung der Rohstoffversorgung vieler Länder nach Möglichkeit Rechnung getragen werden sollte. Der 1. Band ist im Jahre 1927[1]) in neuer Auflage erschienen. Der jetzt erschienene 2. Band enthält an neuen Abschnitten solche über Sillimanit, Halloysit und Lithiummineralien. Ferner wurden neben dem schon früher behandelten Asphalt und Ozokerit die übrigen Bitumina, wie Erdgas, Erdöl und Erdölschiefer, getrennt aufgenommen. Von Rohstoffen allgemeiner Bedeutung enthält der Band außerdem Abschnitte über Asbest, Glimmer, Kaolin, Bernstein. Die Aufnahme reichlicherer Quellennachweise macht sich durchweg erfreulich bemerkbar. Dem Band ist das Sachverzeichnis für beide Teile beigefügt und außerdem ein sehr wertvolles Verzeichnis der nutzbaren Mineralien nach ihrer Verwendung. Einige an dieser Stelle interessierende Stichworte seien besonders hervorgehoben: Baumaterial, Bedachungsmaterial, Feuerfeste Industrie, Hüttenindustrie, Metallverarbeitung, Schmiermittel, Zementfabrikation.

Da das Werk nicht nur über Vorkommen, Gewinnung und Aufbereitung, sondern auch über Verwendung, Verwertung und Ausbeute der einzelnen Rohstoffe Angaben macht, wird es, wie schon in der ersten Auflage, in der Hand des Wissenschaftlers und des Praktikers von großer Bedeutung sein. [E 1989] Harrassowitz

[1]) s. Z. Bd. 71 (1927) S. 1040.

Die Steingut-Fabrikation. Von Gustav Steinbrecht. 1. u. 2. Bd. 2. Aufl. Wien und Leipzig 1925 und 1927, A. Hartlebens Verlag. 1. Bd.: 260 S. m. 19 Abb. Preis 6 ℛℳ, 2. Bd.: 315 S. m. 108 Abb. Preis 7 ℛℳ.

Die neue Auflage behandelt die Chemie der Steingut-erzeugung und die erforderlichen Mischungen sowie die eigentliche Technik der Steingutindustrie, die Verzierung und allgemeinere Fragen der Keramik. Der Verfasser hat aus einer 45jährigen praktischen Tätigkeit im In- und Ausland heraus ein für den reinen Praktiker der Steingutindustrie sehr brauchbares Werk geschrieben, das auch die wirtschaftlichen Fragen der Steingutindustrie eingehend berücksichtigt. Während im 1. Bande hauptsächlich die Werkstoffe zur Herstellung des Steinguts geschildert werden, hat Steinbrecht im 2. Band die verschiedenen Fragen der eigentlichen Steingutfabrikation berücksichtigt, wobei er auch die Wandplattenherstellung, einen immer wichtiger werdenden Zweig dieser Industrie, hervorgehoben hat. Beide Bände enthalten alphabetische Sachverzeichnisse und zahlreiche Abbildungen, die auch dem Ingenieur das Studium dieses Werkes sehr erleichtern dürften.
[E 2015] H. Großmann

25 Jahre AEG-Dampfturbinen. Herausgeg. von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft. Berlin 1928, VDI-Verlag. 132 S. m. 191 Abb. Preis 5 ℛℳ.

Die vorliegende Schrift, die aus Anlaß des 25jährigen Bestehens der AEG-Turbinenfabrik herausgegeben wurde, spiegelt die technische Entwicklung der Dampfturbine wider, an der die AEG seit den ersten Anfängen mitgewirkt hat, und ist darum über den engeren Rahmen der Firmendruckschrift hinaus auch wissenschaftlich wertvoll. An einige Abschnitte über den Werdegang der AEG-Dampfturbine und die Rolle dieser Kraftmaschine in der neuzeitlichen Elektrizitätswirtschaft schließen sich kurze Darstellungen der heutigen Bauarten und ihrer Hauptteile sowie Berichte über Anwendungen auf vielen Gebieten. Unter den ausgezeichneten Abbildungen und Zeichnungen fehlen auch nicht solche der neuesten Einwellen-Turbodynamo von 80 000 kW und der Gegendruck-Turbodynamo von 12 000 kW bei 100 at Anfangsdruck, die hier zum erstenmal veröffentlicht sind. [E 2066] H.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. Herausgeg. von A. Eucken, O. Lummer und E. Waetzmann. 5. Bd. 1. H.: Physik der Erde. Herausgeg. von Alfred Wegener unter Mitwirkung von G. Angenheister, H. Benndorf, H. v. Ficker, B. Gutenberg, H. Heß, V. F. Heß, A. Nippoldt, H. Thorade E. Wiechert. Braunschweig 1928, Fried. Vieweg & Sohn. 840 S. m. 341 Abb. u. 7 Taf. Preis 53 ℛℳ.

Wissen und Wirken. Herausgeber E. Ungerer. 56. Bd.: **Einführung in Wesen und Wert der Mathematik.** Von Gustav Junge. Karlsruhe 1928, G. Braun. 92 S. m. 8 Abb. Preis 3 RM.

Gasfernversorgung Westsachsens. Von L. Litinsky. Leipzig 1928, Kreishauptmannschaft Leipzig. 31 S. m. 8 Abb. Preis 1,50 RM.

Aus der Praxis des Veranschlagens von Eisenbetonbauten. Von K. Lerche. 2. Aufl. Berlin 1928, Wilh. Ernst & Sohn. 76 S. m. 22 Abb. Preis 4 RM.

Das Feldgeschütz mit langem Rohrrücklauf. Von Konrad Haußner. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 130 S. m. Abb. Preis 8 RM.

DIN-Taschenbuch 2: **Schaltzeichen und Schaltbilder.** 2. Aufl. Herausgeg. vom Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. und dem Deutschen Normenausschuß E. V. Berlin, Juli 1928. 66 S. Preis 2 RM. 6: **Werkzeuge.** Herausgeg. vom Deutschen Normenausschuß. Berlin, Februar 1928. 190 S. Preis 4 RM. 11: **Lehren.** Herausgeg. vom Deutschen Normenausschuß. Berlin, Juni 1928, Beuth-Verlag. 165 S. Preis 3,50 RM.

Sprechsaal-Beihefte Nr. 1/2: **Beiträge zur Theorie der Konstantenberechnung des Glases nach der Methode von G. Gehlhoff.** Von Eberhard Zschimmer. 107 S. m. 51 Abb. Preis 3 RM. Nr. 3/5: **Organisation und Selbstkostenrechnung in Glashütten.** Von T. Schier. Coburg 1927/1928, Müller & Schmidt. 147 S. m. 48 Abb. Preis 4,50 RM.

Bücher- und Fachschriften-Verzeichnis über rationelles Arbeiten und Wirtschaften. Systematische Klassifikation der Bücher nach den einzelnen Fachgebieten. Zürich 1928, Hofer & Co. 163 S. Preis 1,55 Fr.

Danziger Hochschulführer 1928/29. Herausgeg. von der Deutschen Studentenschaft der Technischen Hochschule Danzig. 2. Ausg. Danzig 1928, im Selbstverlag. 240 S.

Schriften des Berufskundlichen Ausschusses bei der Hauptstelle der Reichsanstalt für Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung, herausgeg. unter Mitwirkung des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen. 12. H.: **Der Elektro-Installateur.** Von Paul Kämpf. 50 S. m. 13 Abb. Preis 1,30 RM. 13. H.: **Das Klempner- und Installateur-Gewerbe.** Von Karl Maier. 35 S. m. Abb. Preis 1 RM. 14. H.: **Former, Gießer, Schmied** (Kupferschmied-Kesselschmied). Von Reich. 50 S. m. Abb. Preis 1,30 RM. Berlin 1928, Reimar Hobbing.

Arbeiten der Kartoffelbaugesellschaft e. V. 31. H.: **Was sollte jeder Landwirt von der Verwendung von Kartoffelrodemaschinen wissen?** Auf Grund einer von der Kartoffelbaugesellschaft angeregten Umfrage, im Auftrage des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft bearb. von Otto Diederichsen. Berlin 1928, Geschäftstelle der Kartoffelbaugesellschaft. 36 S. Preis 1 RM.

Anleitung zum Gebrauch des Kosmos-Baukastens **Elektrotechnik.** 9. Aufl. Stuttgart 1927. 62 S. m. 147 Abb. u. 3 Taf. Preis 2,20 RM. **Mechanik.** 4. Aufl. Stuttgart 1928. 110 S. m. 249 Abb. u. 3 Taf. Preis 3,80 RM. **Optik.** 5. Aufl. Stuttgart 1928. 46 S. m. 78 Abb. u. 1 Taf. Preis 1,80 RM. **Chemie.** 2. Aufl. Stuttgart 1927. 102 S. m. 117 Abb. Preis des Baukastens einschl. Anleitungsbuch 48 RM. Sämtlich von Wilhelm Fröhlich. Kosmos Gesellschaft der Naturfreunde Francksche Verlagshandlung.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Probleme des Zündermotors für flüssige Brennstoffe

In dem in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 16 S. 532 unter der obigen Aufschrift erschienenen Aufsatze von Dr.-Ing. Richter wird gesagt, es sei der mittlere Druck, der die Baukosten des Motors bedinge; das trifft nur zu, wenn Leistung und Zahl der Arbeitshübe in Zeiteinheit gleich bleiben; da diese Voraussetzung nicht angegeben ist, könnte man auch annehmen, der Verfasser meine die motorischen Vorgänge, die in denselben Zylinderräumen verlaufen; dann aber würde den entscheidenden Einfluß auf die Herstellungskosten nicht der mittlere, sondern der Höchstdruck ausüben.

Weiter heißt es, der Kreisprozeß nach Carnot und der Gleichdruck-Kreisprozeß mit Wärmeabfuhr bei konstantem Druck lassen sich in Kolbenmaschinen kaum verwirklichen, man sei daher auf die Prozesse des Brenner- oder des Zündermotors oder auf solche angewiesen, die zwischen beiden liegen. Wörtlich genommen trifft dies nicht zu; denn jeder Kreisprozeß ist praktisch in einer Kolbenkraftmaschine in dem gleichen Grad undurchführbar, gleichviel ob Wärmeabfuhr bei unveränderlicher Temperatur nach Abb. 2, bei konstantem Druck nach Abb. 3 oder bei konstantem Volumen nach Abb. 1 und 4 des erwähnten Aufsatzes beabsichtigt ist. Also weder Carnot- noch Gleichdruck-Kreisprozeß nach Abb. 3, noch die Kreisprozesse nach Abb. 1 und 4 werden in einer Kolbenkraftmaschine verwirklicht, da in jedem dieser Prozesse während des ganzen Verlaufs eine und dieselbe Gasmenge thermisch beeinflußt wird, wohingegen, wie bekannt, alle Kolbenmaschinen mit wechselndem Gas arbeiten (Auspuff).

Im gleichen Abschnitte wird als Eigenschaft des Gleichdruck-Kreisprozesses hervorgehoben, daß hier vermehrte Wärmezufuhr die Höchsttemperatur steigert und den Wirkungsgrad vermindert. Hierzu habe ich zu bemerken, daß die Erhöhung der Anfangstemperatur der Verdichtung unter sonst gleichen Voraussetzungen (Verdichtungsverhältnis, zugeführte Wärmemenge) den thermischen Wirkungsgrad verbessert[1]).

Lemberg Ing. Stanislaw Golczewski

[1]) „Czasopismo Techniczne" Bd. XLII (1924) S. 161.

Erwiderung

Der Vergleich verschiedener Kreisprozesse sollte zeigen, daß die idealen Kreisprozesse nach Abb. 2 und 3 meines Aufsatzes auch theoretisch so große Zylinderinhalte bedingen, daß man sie in Kolbenmotoren wirtschaftlich auch nicht angenähert verwirklichen kann. Alle vier idealen Kreisprozesse haben auch andre Hindernisse ihrer praktischen Verwirklichung gemeinsam; diesbezüglich stimme ich mit dem Einsender der Zuschrift überein. Der thermische Wirkungsgrad eines Gleichdruckprozesses mit einem idealen Gas bei unveränderlicher spezifischer Wärme wird durch Erhöhung der Anfangstemperatur nur wenig gesteigert. Die Durchrechnung des Einflusses der Anfangstemperatur bei Kreisprozessen für Gasgemische, die eine ähnliche Zusammensetzung haben, wie die wirklich auftretenden, unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit der spezifischen Wärmen, allenfalls auch der Dissoziation, wäre interessant. [D 1733] Richter

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 3. NOVEMBER 1928 Nr. 44

Kraftfahrwesen

Stoßhaftigkeit von Straßen und Verkehrserschütterungen durch Straßenfahrzeuge

Von Prof. P. Langer und Dr.-Ing. W. Thomé, Aachen

Mitteilung aus dem Laboratorium für Kraftfahrwesen der Technischen Hochschule zu Aachen

(Hierzu Bildblatt 42 und 43)

Verfahren zur Messung der von der Straße dem Fahrzeug aufgezwungenen Stoßbeschleunigungen und der Verkehrserschütterungen durch Fahrzeuge. — Erklärung des Begriffes Stoßgrad; Stoßgrade verschiedener Straßen. — Beschleunigung der Bodenbewegungen bei verschiedenen Fahrzeugen, Fahrgeschwindigkeiten und in verschiedenen Entfernungen. — Kritische Beurteilung der Verwendung von Seismographen für die Messung von Bodenbeschleunigungen. — Unzulässigkeit der Beurteilung von Verkehrserschütterungen nach den Erdbebenskalen.

Wenn ein Fahrzeug mit vollkommen kreisrunden Rädern auf einer vollkommen glatten Bahn abrollt, sind die Bahndrücke der einzelnen Räder konstant, und zwar gleich den statischen Radbelastungen; Stöße und Verkehrserschütterungen infolge solcher Stöße treten nicht auf. Jede Unebenheit der Fahrbahn verursacht jedoch dynamische Bahndrücke, die um so größer sind, je unelastischer die Bereifung ist, je größer die ungefederten Massen und die Unebenheiten der Fahrbahn sind. Diese Stöße zwischen Rad und Straße sind die Ursache der Bodenerschütterungen, die in der Nachbarschaft fühlbar werden und das Gefüge in Straßen und Gebäuden lockern. Wegen der dauernden Zunahme des Verkehrs ist es dringend geboten, Art und Größe dieser Einwirkungen kennenzulernen.

Für die Messung der Bodenerschütterungen haben wir nicht die üblichen Seismographen verwandt, sondern einen Beschleunigungsmesser, der auf der Grundlage der statischen Beschleunigungsmesser in der Werkstatt des Maschinenlaboratoriums der Technischen Hochschule zu Aachen gebaut worden ist. Statische Beschleunigungsmesser wirken derart, daß eine Masse federnd oder sonstwie — etwa magnetisch — gegen einen Anschlag mit einer bekannten Kraft vorgespannt und der

Abb. 3
Aufstellung des Beschleunigungsmessers mit Relais und Schreibvorrichtung zum Messen von Bodenbeschleunigungen auf der Versuchstraße Braunschweig.

Abb. 1
Beschleunigungsmesser SB III zum Messen von Beschleunigungen der Bodenbewegungen.

Abb. 2
Elektromagnetische Schreibvorrichtung für Beschleunigungsmesser.

Augenblick beobachtet wird, in dem sich die Masse unter Einwirkung der dieser Kraft entsprechenden Beschleunigung von ihrem Anschlag loslöst. Die Anschläge werden meist als elektrische Kontakte ausgebildet, und Stromunterbrechung oder Stromschlüß werden aufgezeichnet. Bei unserem Beschleunigungsmesser wird die Stromunterbrechung über ein Relais auf ein Anzeigegerät (Magnetschreiber oder Zählwerk) übertragen.

Der Beschleunigungsmesser SB III, Abb. 1, besteht aus vier einzelnen Massenpendeln, die mit Hilfe von Mikrometerschrauben auf die durch statische und dynamische Eichung ermittelten Beschleunigungen federnd gegen elektrische Kontakte vorgespannt werden. Abb. 2 zeigt das Schreibgerät (Magnetschreiber) mit dem Relais. Der Beschleunigungsmesser wird an der zu untersuchenden Stelle (Erdboden, Mauerwerk usw.) aufgestellt, Relais und Schreibeinrichtung können in einer in weiten Grenzen beliebigen Entfernung untergebracht werden. Abb. 3 zeigt den Einbau der Meßeinrichtung zum Messen von Bodenbeschleunigungen auf der Versuchstraße des Deutschen Straßenbau-Verbandes Braunschweig.

Da die durch Fahrzeuge hervorgerufenen Bodenerschütterungen außer von den Eigenschaften der Fahrzeuge und der Fahrgeschwindigkeit wesentlich von der Stoßhaftigkeit der Fahrbahn abhängen, ist es zweckmäßig, bei solchen Messungen den Stoßgrad der Straße nach dem dynamischen Straßenwertungsverfahren (Langer-Thomé) zu ermitteln und die Bodenerschütterungen zum Stoßgrad der Straße in Beziehung zu setzen. Bei der dynamischen Straßenwertung wird die Stoßhaftigkeit der Straße in der Weise ermittelt, daß die beim Befahren einer bestimmten Strecke durch ein Fahrzeug mit bekannten elastischen Eigenschaften auftretenden Stöße bei bestimmter Fahrgeschwindigkeit mit Hilfe von Beschleunigungsmessern gemessen und gezählt werden.

Abb. 4 und 5 zeigen den für diesen Zweck im Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule zu Aachen entwickelten Beschleunigungsmesser SB II, Abb. 6 das Meßfahrzeug (Meßschleppachse MSA 1) zum Abtasten der Straße. Die Beschleunigungsmesser sind auf der Achse starr befestigt, die Schreibvorrichtung wird auf dem Meßtisch aufgebaut.

Abb. 4 und 5
Beschleunigungsmesser SB II für die Ermittlung des Straßenzustandes.
p_1, p_2 die gegeneinander federnd vorgespannten Meßpendel
s_1, s_2 Drehpunkte der Meßpendel
k_1, k_2 Kontaktstellen
d Vorspann-Mikrometerschraube

Abb. 6 Meßfahrzeug (Meßschleppachse MSA 1) zur Ermittlung des Straßenzustandes.

Ein Beispiel der Aufzeichnungen bei der Ermittlung des Straßenzustandes zeigen Abb. 7 und 8. Die Linienzüge A—A, B—B, C—C usw. sind die Aufzeichnungen der Magnetschreiber, die mit den Kontakten des auf 15, 20, 25 usw. m/s² vorgespannten Pendels über das Relais verbunden waren. Bei a_1, b_1, c_1 usw. wurde der Strom beim Erreichen der Beschleunigung von mindestens 40, 35 m/s² usw. infolge des Abhebens des Pendels von seinem Kontakt unterbrochen und bei a_2, b_2, c_2 usw. wieder geschlossen, nachdem die der Pendelvorspannung entsprechende Beschleunigung zu wirken aufgehört hatte. Der Linienzug T—T rührt von einem Zeitschreiber her.

Zählt man nun die Stöße verschiedener Stärke, und trägt man sie über der Zahl, die angibt, wie oft die Stöße auf einer bestimmten Wegstrecke (z. B. 100 m) erreicht

Abb. 7 und 8
Straßenzustandsdiagramm, aus dem die Straßenzustandslinie und der Stoßgrad b_m ermittelt werden.

Abb. 9. Vier kennzeichnende Straßenzustandslinien, aufgenommen auf der Versuchstraße Braunschweig.

A Teermakadam *C* bewehrter Beton
B Kleinpflaster *D* Steinschlagasphalt

Abb. 24
Lageplan und Meßstrecke der untersuchten Straßen in Essen. (Vergl. Abb. 12 bis 23, Bildblatt 42 und 43.)

a Schützenbahn *d* Sachsen- und Kruppstraße
b Huttropstraße *e* Metzer und Markgrafenstraße
c Frankenstraße

Abb. 10 und 11
Schreibstreifen des Beschleunigungsmessers und Ermittlung des Größtwertes der Beschleunigung.
a Abstand der Mitte des Fahrzeuges von der Meßstelle

oder überschritten wurden, auf, so erhält man eine Kennlinie des augenblicklichen Straßenzustandes, die als Straßenzustandslinie bezeichnet wird[1]). Diese Straßenzustandslinien zeigen im allgemeinen hyperbolischen Verlauf mit Abweichungen, die die Art der Straße kennzeichnen, Abb. 9.

Die Zustandslinie der Straße A (Teermakadam) verläuft durchweg hyperbolisch, sie ruft gleichmäßig schwächere, mittlere und stärkere Stöße hervor. Die Straße B (Kleinpflaster) ist durchweg stoßhaft. Sie zeigt keine ausgefallen hohen Stöße. Die Zustandslinie bläht sich in der Gegend der mittleren Stöße auf. Die Zustandslinie der Straße C (bewehrter Beton) kennzeichnet eine im allgemeinen stoßarme Straße mit einigen starken Unebenheiten, Rissen, Fugen, Schlaglöchern. Die Linie strebt scharf einem hohen Spitzenstoß zu. Die Straße D (Steinschlagsasphalt) ist schlecht und hat außerdem besonders starke Unebenheiten, Risse oder Schlaglöcher.

Maßgebend für die Beurteilung einer Straßendecke sind die Größe und die Anzahl der Stöße. Um zu einer Wertungszahl der Straße zu gelangen, läge es nahe, den Höchststoß b_{max}, Abb. 8, einzuführen; doch hängt der Höchststoß zu stark von Zufälligkeiten, z. B. einer einzigen größeren Unebenheit (Stein oder dergl.) ab. Das arithmetische Mittel aus allen Stößen ist für die Wertung ebenfalls nicht geeignet, weil dieser Wert von den schwachen, schwer meßbaren und für die Straßenzerstörung und das Fahrzeug ziemlich belanglosen Stößen zu stark beeinflußt wäre. Eine geeignete Kennzahl zur dynamischen Straßenwertung ist die Größe des Stoßes, der mit der Häufigkeit 10 je 100 m Fahrstrecke oder 100 je 1000 m Fahrstrecke auftritt. Diese Größe b_m bezeichnen wir als Stoßgrad[2]). Ihre Dimension ist die der Beschleunigung m/s².

Maßgebend für die Beurteilung von Verkehrserschütterungen ist in erster Linie die höchste auf-

Abb. 25 und 26. Anordnung der Meßstellen.

[1]) „Automobil-Rundschau" Bd. 29 (1927) S. 431 u. f. P. Langer und W. Thomé: „Wechselwirkungen zwischen Fahrzeug und Fahrbahn und ihre Messung". „Der Straßenbau" Bd. 19 (1928) S. 347. P. Langer u. W. Thomé: „Dynamische Straßenwertung u. deren Ergebnisse". „Der Motorwagen" Bd. 31 (1928) S. 512. W. Thomé: Über dynamische Wechselwirkungen zwischen Fahrzeug und Fahrbahn. Denkschrift des Deutschen Straßenbauverbandes Braunschweig, Februar 1928.

[2]) Der Stoßgrad b_m hängt bei einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit im wesentlichen von der Beschaffenheit der Bereifung und dem Zustand (Unebenheiten) der Straße ab. Er wertet daher die Straße bei gegebener Bereifung oder, umgekehrt, die Bereifung bei gegebenem Straßenzustand.

Abb. 27
Zustandslinien der untersuchten Straßen bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten.

Abb. 28
Stoßgrade der untersuchten Straßen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit.

tretende Beschleunigung. Die statischen Beschleunigungsmesser geben unmittelbar keinen bestimmten Wert der Beschleunigung an, sondern grenzen durch die abgestuften Federvorspannungen der einzelnen Massenpendel bestimmte Beschleunigungen zwischen beliebig einstellbaren Werten ein. Aus den Aufzeichnungen der Beschleunigungsmesser kann man die erreichte Höchstbeschleunigung durch Extrapolation ermitteln, die je nach der Abstufung der Massenpendel beliebig genau gehalten werden kann.

Dieses Verfahren wurde so durchgeführt, daß über der Anzahl der erreichten Bodenstöße die entsprechenden Beschleunigungen aufgetragen und aus dem Verlauf der auf diese Weise entstandenen Linien auf den Wert b_{max} bei der Stoßzahl null durch Extrapolation geschlossen wurde, Abb. 10 und 11.

Der Zweck der Versuche, über die im folgenden berichtet wird, war die Ermittlung der Stoßgrade einer Reihe von Straßen der Stadt Essen und die Ermittlung von Bodenbeschleunigungen, die durch verschiedene Fahrzeuge bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und in verschiedenen Entfernungen hervorgerufen werden[8]).

Versuchstraßen und Fahrzeuge

Es wurden die Straßenzustandslinien und Stoßgrade folgender Straßen der Stadt Essen aufgenommen:

Huttropstraße, sehr schlechtes Großpflaster, Abb. 12 und 13[8a]),
Frankenstraße, schlechtes Kleinpflaster 14 und 15,
Kruppstraße, gutes Kleinpflaster, Abb. 16 und 17,
Markgrafenstraße, gutes Großpflaster mit Fugenteerverguß, Abb. 18 und 19,
Metzer Straße, Hartgußasphalt, Abb. 20,
Sachsenstraße, Teermakadam, Abb. 21,
Schützenbahn, mittleres Großpflaster, Abb. 22 und 23.

[8]) Die Versuche wurden auf Veranlassung der Stadtverwaltung Essen im Rahmen eines Kursus im Haus der Technik über „Stoßwirkungen und Stoßbeanspruchungen durch Kraftfahrzeuge" unter Zuhilfenahme eines Fonds durchgeführt, den das Reichsverkehrsministerium zur Verfügung gestellt hat.
Den Bodenerschütterungsmessungen durch Beschleunigungsmesser liefen parallel seismographische Messungen der Stadtverwaltung Essen, die Dr. Sarnetzki, Essen, leitete.

[8a]) Abb. 12 bis 17 s. Bildbl. 42, Abb. 18 bis 29 s. Bildbl. 43.

Die Lage der Straßenzüge und der untersuchten Meßstrecken zeigt Abb. 24.

Bodenerschütterungen wurden in der Schützenbahn und in der Frankenstraße auf der Fahrbahn gemessen, Lageplan und Anordnung der Meßstellen zeigen Abb. 25 und 26.

Zahlentafel 1. Versuchsfahrzeuge

Fahrzeug	Spurweite	Radstand	Gewichte gesamt	davon ungefedert	ungefedert vorn	ungefedert hinten	Reifen
	m	m	kg	kg	kg	kg	
Mannschaftswagen	1,65	5,0	3 915	1 360	340	1 020	Luftreifen
Motorspritze . .	1,70	4,45	7 075	1 360	340	1 020	Elastik, gut
Sonderwagen . .	1,65	3,60	12 500				Elastik, etwas abgefahren
Müllwagen . . .	1,70	4,75	14 450*) 11 440†)	1 360	340	1 020	Elastik, gut
Sprengwagen .	1,65	4,0	6 840	1 360	340	1 020	Elastik, gut
4 t-Lastkraftwagen	1,65	4,5	6 840	1 100	400	700	Vollgummi, stark abgefahren
Bollerwagen . .			6 900	6 900			Eisen

*) Versuch Frankenstraße. †) Versuch Schützenbahn.

Abb. 29
Abhängigkeit der Höchstbeschleunigung der Bodenbewegung von der Fahrgeschwindigkeit in der Frankenstraße.

Als Fahrzeuge, deren Bodenerschütterungen geprüft werden sollten, hatte die Stadt Essen einen Mannschaftswagen mit Luftbereifung und eine Motorspritze der Feuerwehr, einen Sonderwagen der Polizei, einen Sprengwagen und einen Müllwagen — sämtlich elastisch bereift —, sowie ein ungefedertes Pferdefuhrwerk (Bollerwagen) mit Eisenreifen des Fuhrparks zur Verfügung gestellt. Von der Technischen Hochschule zu Aachen wurde ein gewöhnlicher 4 t-Lastkraftwagen mit stark abgefahrener Vollgummibereifung geliefert, s. Zahlentafel 1.

Stoßhaftigkeit der Straßen

Die Straßen wurden mit der Meßschleppachse abgetastet und aus den Aufzeichnungen des Beschleunigungsmessers die Straßenzustandslinien ermittelt. Die für Bestimmung des Stoßgrades übliche Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h konnte nicht immer genau eingehalten werden; daher wurden die Straßen mit verschiedenen Geschwindigkeiten befahren, Abb. 27, und durch Aufzeichnen des Stoßgrades in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit wurde der für die vergleichende Beurteilung der Fahrstraße maßgebende Stoßgrad bei der Fahrgeschwindigkeit 30 km/h ermittelt, Abb. 28.

Zum Vergleich der Stoßhaftigkeit der untersuchten Straßen mit andern Straßen dient Zahlentafel 2.

Ergebnis: Bei guten Teerstraßen und sehr guten Kleinpflasterstraßen beträgt der Stoßgrad 10 bis 18, bei neu angelegten Großpflasterstraßen mit Fugenteerverguß etwa 20, bei gewöhlichen, schon längere Zeit befahrenen Straßen mit mittelgroßem Kopfsteinpflaster etwa 30, bei schlechten Kleinpflasterstraßen etwa 30, bei sehr schlechten, ausgefahrenen Großpflasterstraßen etwa 60 m/s^2. Als niedrigster vorkommender Stoßgrad dürften etwa 3 m/s^2 anzusehen sein; er wurde bei einer fast neuen, gut eingefahrenen Strecke der Versuchstraße in Braunschweig gefunden[4]).

Beschleunigungen der Bodenbewegung

Die Frankenstraße liegt in freiem, nur wenig bebautem Gelände, Abb. 25. Die Beschleunigungsmesser waren auf dem Bordstein des Bürgersteiges und dem mit Schlacke befestigten Erdboden des Bürgersteiges aufgestellt. Die Schützenbahn liegt im Innern der Stadt und ist beiderseits bebaut, Abb. 26. Die Beschleunigungsmesser waren auf dem Bordstein des Bürgersteiges aufgestellt.

Die Ergebnisse der Auswertung nach dem in Abb. 10 und 11 entwickelten Verfahren zeigen Abb. 29 bis 32.

Die Einhaltung bestimmter Abstände der Fahrzeuge von dem Beschleunigungsmesser wurde in der Schützenbahn durch den Straßenverkehr gestört; die Ergebnisse wurden daher durch Interpolation für verschiedene Abstände und

[4]) Alle Stoßgrade beziehen sich auf die Fahrgeschwindigkeit 30 km/h und auf Elastikbereifung des Meßfahrzeuges.

Abb. 30 Höchstbeschleunigung der Bodenbewegung, abhängig vom Abstand der Fahrzeugmitte von der Meßstelle in der Frankenstraße.

V = Fahrgeschwindigkeit in km/h

Abb. 31 Höchstbeschleunigung der Bodenbewegung, abhängig von der Fahrgeschwindigkeit in der Schützenbahn.

a = Abstände der Meßstelle in m von Mitte Fahrzeug

Abb. 32 Höchstbeschleunigung der Bodenbewegung, abhängig vom Abstand der Fahrzeugmitte von der Meßstelle in der Schützenbahn.

V = Fahrgeschwindigkeit in km/h

Fahrgeschwindigkeiten ergänzt. Die interpolierten Linien sind durch die geringere Strichstärke kenntlich gemacht. Einige zweckmäßige Interpolationen wurden auch für die Ergebnisse in der Frankenstraße vorgenommen.

Zahlentafel 2

Stoßgrade verschiedener Straßendecken

	Stoßgrad m/s²
Versuchstraße Braunschweig (24. Februar 1928)	
Spur II Strecke 7 bis 8, Teermakadam	4,0
Spur II Strecke 1 bis 2, Kleinpflaster	13,5
Spur III Strecke 9 bis 10, Steinschlagasphalt	25,5
Spur I Strecke 2 bis 3, gewöhnl. Chaussierung (16. Mai 1928)	38,0
Stadt Aachen (6. Juni 1928)	
Templergraben, Großpflaster, schlecht	45,0
Jülicher-Straße, Kleinpflaster, gut	22,0
Wüllnerstraße, Makadam, schlecht	27,0
Monheimsallee, Teermakadam, gut	18,0
Krefelder-Straße, Großpflaster, gut	24,5
Mauerstraße, Großpflaster, sehr schlecht	54,5
Stadt Essen (11. bis 13. Juni 1928)	
Huttropstraße, Großpflaster, sehr schlecht	58,0
Frankenstraße, Kleinpflaster, schlecht	31,0
Kruppstraße, Kleinpflaster, gut	11,5
Markgrafenstraße, Großpflaster mit Fugenteerverguß, gut	21,0
Metzer-Straße, Hartgußasphalt	12,5
Sachsenstraße, Teermakadam	16,0
Schützenbahn, Großpflaster, mittel	30,0

Hauptergebnisse der Messungen der Bodenbeschleunigung

1. Die höchsten Bodenbeschleunigungen steigen schneller als linear mit der Fahrgeschwindigkeit nach Art einer parabolischen Kurve. Es scheint, daß bei gewissen Entfernungen und Bereifungen das Ansteigen der höchsten Bodenbeschleunigungen mit der Fahrgeschwindigkeit weniger stark ist, vielleicht einem Höchstmaß zustrebt.

Bei der ausgesprochenen Stadtstraße (Schützenbahn) nahmen die höchsten Bodenbeschleunigungen mit der Fahrgeschwindigkeit weniger zu als bei der ausgesprochenen Landstraße (Frankenstraße). Legt man den Linien der Abhängigkeit der höchsten Bodenbeschleunigung von der Fahrgeschwindigkeit eine Parabel zugrunde, dann beträgt ihr Exponent im Mittel für die Schützenbahn (Stadtstraße) rd. 1,5, für die Frankenstraße (Landstraße) rd. 2,2.

2. Die höchsten Bodenbeschleunigungen nehmen schnell mit der Entfernung von der Erregerstelle nach einer hyperbolischen oder Exponentialkurve ab. Der Abfall war bei der Stadtstraße (Schützenbahn) schwächer als bei der Landstraße (Frankenstraße). Legt man der Abhängigkeit der höchsten Bodenbeschleunigung vom Abstand zwischen Mitte des Fahrzeuges und Meßstelle eine Hyperbel zugrunde, so beträgt ihr Exponent im Mittel für die Schützenbahn (Stadtstraße) rd. 1, für die Frankenstraße (Landstraße) rd. 1,25.

3. Das Pferdefuhrwerk mit Eisenreifen verursachte in der Frankenstraße bei 6 km/h Fahrgeschwindigkeit in einem Abstand von 2,1 m etwa die gleiche höchste Bodenbeschleunigung wie ein Lastkraftwagen mit sehr stark abgefahrener Vollgummibereifung bei 30 km/h Fahrgeschwindigkeit. Bei derselben Fahrgeschwindigkeit und demselben Abstand war die höchste Bodenbeschleunigung bei guter Elastikbereifung nur etwa ein Drittel so groß:

Größte Bodenbeschleunigung durch Fahrzeuge bei

Elastikbereifung (gut)		Vollgummibereifung (stark abgefahren)		Eisenbereifung
bei Fahrgeschwindigkeit				
30		30		6 km/h
wie				
1	zu	3	zu	3

Bei einem Fahrzeug mit Luftreifen lagen die größten Bodenbeschleunigungen bis zu 45 km/h Fahrgeschwindigkeit unter 100 mm/s².

Messung von Bodenerschütterungen durch Seismographen

Seismographen sind Geräte zum Aufzeichnen von Bewegungsverhältnissen, zu deren Aufnahme kein Festpunkt — d. i. ein Punkt, dem gegenüber die Bewegung verfolgt werden soll — erreichbar ist; der Seismograph ist nach dem Verfahren der Weg-Zeit-Schreiber gebaut, er kopiert somit die Bewegungen der zu untersuchenden Stelle durch Aufzeichnung der Weg-Zeit-Linie.

In manchen Fällen kann man sich mit der Kenntnis des Weg-Zeit-Verlaufes zufrieden geben; nicht aber bei der Erforschung von Verkehrserschütterungen. Für die Belästigung und Schädigung der Nachbarschaft sind hier die Beschleunigungen von weit größerem Belang.

Abgesehen davon, daß der Seismograph die aufzunehmende Bewegung in der Weg-Zeit-Linie nicht genau darstellt — die genaue Weg-Zeit-Linie müßte erst durch umständliche Berichtigung festgelegt werden[5]) — könnte man den Verlauf der Beschleunigungen aus der Weg-Zeit-Linie durch zweimaliges Differentiieren ermitteln. Praktisch scheidet jedoch dieses Verfahren aus, weil es zu umständlich und eine Quelle von Fehlern ist. Die Seismometrie setzt sich hierüber hinweg, indem sie die Aufzeichnungen des Seismographen als reine Sinuslinie $x = f(t)$ mit der Amplitude A, der Schwingungszeit T und der Beschleunigung γ anspricht. Für diesen Fall gilt:

$$x = -A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\gamma = A\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\gamma_{max} = \sim 40 \frac{A}{T^2}\left[\frac{mm}{s^2}\right].$$

[5]) Sieberg, Erdbebenkunde, Jena 1923, S. 137 Abschn. 51.

Abb. 33

Hochfrequente Oberschwingungen mit kleiner Amplitude können Verlauf und Größtwert der Beschleunigung stark beeinflussen.

I Weg-Zeit-Linie *II* Beschleunigungs-Linie

Abb. 34
Seismographisches Bild eines Erdbebens.
(Bezüglich der Zeichen und Buchstaben verweisen wir auf die Quellenangabe.)

Es hat sich in der Seismometrie eingebürgert, für diese Gleichung zu schreiben:

$$\gamma_{\max} = 4\,\frac{A}{T^2},$$

wobei A in μ (0,001 mm), T in Sekunden einzusetzen ist und γ sich in Milligal (1 Milligal $= \frac{1}{1000}\,\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ ergibt. Die Dimensionen sind also:

$$\gamma_{\max}\left[\frac{0{,}001\ \text{cm}}{1\ \text{s}^2}\right] = \frac{40}{10\left[\frac{\text{mm}}{\text{cm}}\right]}\cdot\frac{A\ [0{,}001\ \text{mm}]}{T^2\ [\text{s}^2]}.$$

Abgesehen davon, ob die Unterstellung einer Sinuslinie berechtigt ist, ist es aber irreführend, die Gleichung

$$\gamma_{\max} = 40\,\frac{A}{T^2}\left[\frac{\text{mm}}{\text{s}^2}\right]$$

zu ersetzen durch

$$\gamma_{\max} = 4\,\frac{A}{T^2}\left[\frac{0{,}001\ \text{cm}}{\text{s}^2}\right],$$

in der die Dimensionsgleichheit nur durch die Dimension $\frac{\text{cm}}{\text{mm}}$ der Konstante 4 hergestellt wird. Jedenfalls hat diese Gleichung Irrtümer verschuldet, die sich auch im Schrifttum vorfinden.

Ob es berechtigt ist, die Aufzeichnungen des Seismographen durch eine Sinuslinie zu ersetzen, ist fraglich. Wie leicht und in welchem Ausmaß dabei Fehler unterlaufen können, zeigt Abb. 33, worin sich über eine Sinuslinie eine hochfrequente Schwingung mit verschwindend kleiner Amplitude lagert. Der Unterschied in der Amplitude der Weg-Zeit-Linie bei dieser überlagerten Schwingung ist verschwindend. Durch das Hinzutreten der hochfrequenten Schwingungen wird trotz ihrer kaum meßbaren Amplituden der Verlauf der Beschleunigungen und ihr Höchstwert um ein Vielfaches geändert. Fehler in der Ermittlung der Beschleunigung aus der größten Amplitude können also sehr hoch werden.

Bei Messungen von Erdbeben sowie auch von Bodenerschütterungen kommen aber derartige Schwingungsüberlagerungen vor[6]), s. Abb. 34[7]) und 35[8])).

Es mag stellenweise angängig sein, die Bewegungen des Bodens mit genügender Annäherung als sinusartig anzusehen, stellenweise sind aber ausgesprochen mehrere Einzelschwingungen mit verschiedenen Amplituden und Frequenzen übereinander gelagert. Man kann dann eine Höchstbeschleunigung an der anscheinend nach der Sinusform verlaufenden Stelle des Seismogrammes erhalten; damit ist aber nicht gesagt, daß dies die größte auftretende Beschleunigung ist; diese wird gerade durch hochfrequente Schwingungen, wenn auch von kleiner Amplitude, entscheidend beeinflußt, so daß man bei Zugrundelegen einer Sinuslinie bei gelegentlichen Zufallstreffern im Dunkeln tappt.

Essers und Kappes[8a]) haben z. B. mit einem Wiechert-Mintropschen Dreikomponenten-Erschütterungsmesser der Erdbebenwarte der Technischen Hochschule in Aachen

[6]) Sieberg, Erdbebenkunde, S. 142 Abschn. 54: „Seismogramme von Festlandbeben" weisen „einen unregelmäßigen Bau mit vielen überlagerten Zacken kurzer Periode und großer Amplitude auf".
[7]) Sieberg, Erdbebenkunde, S. 143 Abb. 64.
[8]) Z. f. Geophysik Bd. 3 (1927) S. 49. In diesem Aufsatz sind die Abszissen mit „Amplitude" statt „Doppelamplitude" bezeichnet.
[8a]) Z. f. Geophysik Bd. 3 (1927) S. 44 u. f.

Abb. 35
Seismographisches Bild der Erschütterungen durch einen vorbeifahrenden Lastwagen.
V Vertikalbewegung, senkrecht zur Fahrtrichtung H_1 Horizontalbewegung H_2 Horizontalbewegung, parallel zur Fahrtrichtung

beim Vorbeifahren eines 4 t-Lastkraftwagens mit Vollreifen bei 30 km/h Fahrgeschwindigkeit im Abstand von 17 m die größte Amplitude A der senkrechten Bodenbewegung mit 0,0065 mm bei $T = 0{,}05$ s gemessen. Berechnet man aus diesen Angaben die höchste Beschleunigung nach

$$\gamma_{\max} = 40\,\frac{A}{T^2}\ \text{(Sinusschwingung)},$$

dann erhält man $b_{\max} = 104\ \text{mm/s}^2$. Um dieses Ergebnis mit den Ergebnissen der Versuche in Essen vergleichen zu können, reduzieren wir die Beschleunigung auf den Abstand 2,0 m unter der Annahme des Exponenten 1,2. Das ergibt $b =$ rd. $1400\ \text{mm/s}^2$.

Messungen von Wittig[9]) auf der Versuchstraße in Braunschweig mit einem Senkrecht-Seismographen von Spindler & Hoyer auf der Fahrbahn unmittelbar neben der Spur ergaben folgende Werte:

	Fulda-Parabel-Luftkammer-Reifen, neu	Normal-Vollreifen, neu
Gesamtgewicht des Fahrzeuges . . . . kg	9800	9100
Fahrgeschwindigkeit . . . km/h	23,2	20,8
Größte Amplitude der senkr. Bodenbewegung . . . . mm	0,02	0,055
Dauer der Schwingung . . . s	0,041	0,047
Danach beträgt unter Annahme der Sinusbewegung die große Beschleunigung der Bodenbewegung . mm/s²	475	1000[10])

Folgerung:

Das Verfahren, die Höchstbeschleunigung der Bodenbewegung unter Annahme eines Sinuscharakters aus dem Seismogramm zu ermitteln, kann zu richtigen Ergebnissen führen, doch schließt es schwere Fehler nicht aus.

Beurteilung von Verkehrserschütterungen nach den Erdbebenskalen

Beurteilt man die aus den Seismogrammen von Wittig berechneten Höchstbeschleunigungen (475 und 1000 mm/s²) nach der Mercalli-Cancani-Erdbebenskala[11]), so kommt man auf den VIII. Grad (251 bis 500 mm/s²) „zerstörend: Ganze Baumstämme, namentlich Palmen schwanken lebhaft oder brechen sogar ab. Selbst die schwersten Möbelstücke werden teils weit von der Stelle gerückt, teils umgeworfen usw.", und zum IX. Grad (501 bis 1000 mm/s²) „verwüstend: Solide Steinhäuser europäischer Bauart werden schwer beschädigt, so daß eine große Zahl unbewohnbar wird, einzelne stürzen völlig oder größtenteils zusammen usw." Die Einordnung der bei den Versuchen in Essen ermittelten Höchstbeschleunigungen ($\geq$ 3000 mm/s²) in die Mercalli-Cancani-Erdbebenskala führt sogar auf den XI. Grad: „Katastrophe; von Steinbauten irgendwelcher Art bleibt so gut wie nichts mehr bestehen".

Die Erschütterungen wurden bei den Versuchen in Essen zwar empfunden und wirken auf die Dauer vielleicht auch lästig; von „Zerstörung", „Verwüstung" und „Katastrophe" war jedoch keine Rede.

[9]) Zentralbl. d. Bauverwaltung, Bd. 46 (1926) S. 236 u. f.
[10]) Wittig selbst berechnet mittels der Gleichung $\gamma_{\max} = 4\,\frac{A}{T^2}$ irrtümlich $b = 47{,}5$ und $b = 100\ \text{mm/s}^2$.
[11]) Sieberg, a. a. O., Tab. VII S. 102 u. f.

Nun kennt man in der Seismologie noch eine zweite Skala[12]), bei der die Erdbebenbeschleunigung auf die Schwerkraftbeschleunigung bezogen wird. Nach dieser entspräche eine Bodenbeschleunigung von 1000 mm/s² nur dem VII. Grad: „Beschädigungen von Bauwerken treten schon auf"; aber auch dieser Grad scheint in seinen Wirkungen reichlich übertrieben, wenn es sich um Verkehrserschütterungen handelt, und die Anwendung dieser Skala auf die Beurteilung der Verkehrserschütterungen ist daher bedenk lich, weil sie leicht dazu führt, dem Verkehr Schäden zuzu muten, die er nicht verursacht hat. Örtlich eng begrenzt kurze Verkehrserschütterungen wirken subjektiv und objek tiv anders als die langen und sich weithin erstreckende Erdbebenschwingungen, und es ist abwegig, Erdbebenskale auf Verkehrserschütterungen anzuwenden, zumal die Seis mologie sich selbst über ihre Skalen nicht im klaren ist.

Folgerung:

Die Beurteilung von Verkehrserschütterungen nach de Erdbebenskalen ist nicht angängig. [B 2036]

[12]) Sieberg, a. a. O., Tabelle XV S. 164. Der Unterschied der beiden Skalen dürfte auf den falschen Gebrauch von Gleichung $\gamma_{max} = 4 \frac{A}{T^2}$ zurückzuführen sein.

Versuche mit Azetylen als Motorbrennstoff[1])

Der Mangel an Motortreibstoffen hat während der Kriegs- und zum Teil auch in der Nachkriegszeit in Norwegen wie übrigens auch in der Schweiz[2]) und in Deutschland[3]), zu Versuchen mit Azetylen als Treibmittel Veranlassung gegeben. Die Versuche wurden im Ölmaschinen-Laboratorium der Königl. norweg. Technischen Hochschule an einer gewöhnlichen Kraftwagenmaschine für Benzinbetrieb durchgeführt. Ursprünglich war geplant, sich auch mit dem Entwurf eines Gaserzeugers für den Kraftwagenbetrieb zu befassen, einer wegen der hohen Anforderungen an die Regelbarkeit des Gaserzeugers besonders schwierigen Aufgabe.

Die Versuche haben dargetan, daß der Azetylenbetrieb bei Automobilmotoren, rein technisch betrachtet, geeignet ist, den Benzinbetrieb zu ersetzen. Ein Kraftwagenmotor kann ohne große Veränderung mit Azetylen betrieben werden, wenn man eine gewisse Verminderung der Leistung in den Kauf nimmt. Er läßt sich leicht in Gang setzen, läuft ohne Störungen und gleichmäßig, paßt sich schnell der Regelung an und zeigt eine sehr reine Verbrennung. Anders steht es mit dem wirtschaftlichen Ergebnis der Versuche. Bei Beginn der Versuche war das Preisverhältnis zwischen Kalziumkarbid und Benzin so günstig, daß das Kalziumkarbid in der Schweiz als wirtschaftlich überlegen angesehen wurde. Inzwischen ist das Benzin erheblich billiger geworden, was die Aussichten des Azetylens als Motorbetriebstoff vernichtet hat.

Die motorischen Aussichten des Azetylenbetriebes wurden mit reinem Azetylen und mit Einspritzung von Zusatzstoffen, wie Wasser, Alkohol und Benzin, geprüft. Die Hauptergebnisse enthält Zahlentafel 1:

[1]) Lutz, Azetylen als Motorbrennstoff. „Der Motorwagen" Bd. 31 (1928) Nr. 25 S. 577.

[2]) Vergl. Keel, Das Azetylen im Automobilbetrieb, Zürich 1919.

[3]) Haber, Über die motorische Verbrennung des Azetylens. Z. f. Elektrochemie Bd. 26 (1920).

Die Tafel bestätigt, daß heute der Azetylenbetrieb be Kraftwagenmotoren wirtschaftlich aussichtslos ist. Be reinem Azetylenbetrieb sind die erreichbaren Höchstleistungen verhältnismäßig am kleinsten. Auch der Brennstoffwirkungsgrad und die Brennstoffkosten sind ungünstig. Eine Verbesserung läßt sich nur durch Zusatz von Flüssigkeiten, also durch eine innere Kühlung, herbeiführen. Die Flüssigkeit muß ein geringes spezifisches Gewicht haben, damit sie leicht zerstäubt und verteilt wird, muß leicht und schnell verdampfen und hierbei möglichst viel Wärme binden.

Die Regelung des Motors wird jedoch bei Betrieb mit Zusatzflüssigkeit erschwert. Man hat es ja bei Zusatz eines flüssigen Brennstoffes (Alkohol, Benzin) mit zwei Brennstoffen, einem gasförmigen und einem flüssigen, zu tun. Je größer die Menge und der Wärmeinhalt des flüssigen Brennstoffes ist, desto schwieriger wird die Regelung.

Wasser bindet viel Wärme und wirkt nur wenig auf die Regelung. Man muß nur darauf achten, daß nicht infolge zu großer Wassermenge die Zündung gestört wird. Im übrigen beeinflußt das Wasser (abgesehen von der Herabsetzung der Brenngeschwindigkeit) die Verbrennung nicht, so daß man einfache Einspritzvorrichtungen anwenden kann. Anderseits wirkt Wasser wegen seines hohen spezifischen Gewichtes und seiner schlechten Verdampfbarkeit weniger kühlend, so daß man verhältnismäßig bedeutende Mengen zuführen muß, um die Leistung nennenswert zu steigern. Das kann aber wiederum leicht Störungen der Schmierung ergeben, die Zylinderabnutzung beschleunigen usw.

Dagegen kommt man bei Zusatz von Alkohol mit geringen Mengen aus und erreicht verhältnismäßig die höchsten Leistungen und Wirkungsgrade. Allerdings sind die Brennstoffkosten hoch.

Bei Zusatz von Benzin, das zum großen Teil schon außerhalb der Zylinder verdampft und daher für die innere Kühlung weniger wirksam wird, braucht man große Mengen, um die Leistung nennenswert zu erhöhen [N 1746]

Trondhjem R. Lutz

Zahlentafel 1

Ergebnisse der Versuche mit Azetylen in einem Kraftwagenmotor

Brennstoff	Luftüberschußzahl	Drehzahl	Höchstleistung			Brennstoff-Verbrauch		Thermischer Wirkungsgrad		Brennstoffkosten	
			N_e	Leistung auf 1 l Hubraum und 1 Umdreh.	im Verhältnis zum Benzinbetrieb	Azetylen	Zusatz-Flüssigkeit		im Verhältnis zum Benzinbetrieb		im Verhältnis zum Benzinbetrieb
	ν	U/min	PS	PS	vH	m^3/PS_eh	g/PS_eh	vH	vH	₰/PS_eh	vH
Benzin	rd. 1,0	1200	14,3	0,005 2	100	—	336,7	18,4	100	12,6	100
		1400	15,8	0,004 9	—	—	342,3	18,1	—	—	—
Azetylen	2,27	1206,8	8,48	0,003 21	61,7	0,279	—	17,66	95	36,6	290
	2,23	1506,3	10,06	0,003 04	—	0,265	—	18,60	—	—	—
Azetylen-Wasser	2,09	1206,2	10,28	0,003 9	75	0,259	445	19,03	103,5	34	270
	1,85	1503,2	11,92	0,003 62	—	0,271	359,5	18,20	—	—	—
Azetylen-Alkohol	1,77	1207,3	10,90	0,004 12	79,2	0,223	39,1	20,46	111,2	30,7	244
	2,03	1398,7	11,93	0,003 9	—	0,227	44,6	19,96	—	—	—
Azetylen-Benzin	1,87	1204,7	9,64	0,003 54	68	0,175	125,0	17,99	97,8	26,6	219
	1,65	1401	11,63	0,003 63	—	0,178	86,5	20,10	—	—	—

Langer und Thomé: Stoßhaftigkeit von Straßen und Verkehrserschütterungen durch Straßenfahrzeuge

Abb. 12 und 13
Huttropstraße; sehr schlechtes Großpflaster.

Abb. 14 und 15
Frankenstraße; schlechtes Kleinpflaster.

Abb. 16 und 17
Kruppstraße; gutes Kleinpflaster.

Abb. 12 bis 17. In Essen untersuchte Straßen.

Langer und Thomé: Stoßhaftigkeit von Straßen und Verkehrserschütterungen durch Straßenfahrzeuge

Abb. 18 und 19
Markgrafenstraße; gutes Großpflaster mit Fugenteerverguß.

Abb. 20
Metzerstraße; Hartgußasphalt.

Abb. 21
Sachsenstraße; Teermakadam.

Abb. 22 und 23
Schützenbahn; mittleres Großpflaster.

Abb. 18 bis 23. In Essen untersuchte Straßen.

Versuche an einem Junkers-Fahrzeug-Dieselmotor

Von Ludwig Richter, Wien

Unterschiede der Reihenausführung gegenüber dem früher beschriebenen Versuchsmotor — Versuchsergebnisse — Vorzüge des Dieselmotors gegenüber dem Vergasermotor.

RZ 2163 Z 1u.2

Abb. 1 und 2. Fahrzeug-Dieselmotor.

Auf Veranlassung von Prof. Dr.-Ing. Nägel habe ich Versuche an einem reihenmäßig hergestellten wassergekühlten Zweitakt - Vierkolben - Dieselmotor ausgeführt, die eine Ergänzung der in dieser Zeitschrift[1]) beschriebenen Versuche unter Berücksichtigung der fahrtechnischen Eigenschaften bilden.

Der neue Motor, Baumuster S A 9, wurde unter Beibehaltung des grundsätzlichen Aufbaues und der Hauptabmessungen[2]) den Bedürfnissen des Fahrbetriebes weitergehend angepaßt, Abb. 1 bis 3. Der Antrieb der Kühlwasser-Kreiselpumpe, des Ventilators mit Flügeln von Tragflächenquerschnitt und Rutschkupplung sowie der Lichtmaschine erfolgt durch Zahnräder und paßt sich organisch dem allgemeinen Aufbau an. Der Saugleitung wurden Luftfilter und Schalldämpfer vorgeschaltet. Die Kolbenbolzen der unteren Kolben laufen nunmehr in Nadellagern. Die Arbeitskolben bestehen aus Grauguß, die oberen Kolben sind mit Rücksicht auf die Herstellung in Arbeits- und Spülkolben geteilt. Die Kolbenfläche der Spülpumpe wurde vergrößert.

Jeder Zylinder hat nunmehr nur eine Brennstoffdüse, was eine, trotz der guten Zugänglichkeit der Düsen, erwünschte Vereinfachung ergibt, ohne daß Leistung und Brennstoffverbrauch beträchtlich beeinflußt werden. Durch Umbau der Brennstoffpumpe und des Leistungsreglers, Abb. 4, dessen Federspannung durch den Gasfußhebel oder durch einen Handhebel am Lenkrad verändert wird, gelang es, den Bedürfnissen des Fahrbetriebes voll gerecht zu werden. Die größte Brennstoffmenge, die bei einem Hub eingespritzt wird, ist durch die steuernden Kanten an den Kolben der Brennstoffpumpe begrenzt; dadurch wird eine Überlastung des Motors ausgeschlossen.

Die Versuche auf dem Prüfstand der Junkers-Motorenbau-G. m. b. H. in Dessau sollten vor allem die Eignung des Motors für den Fahrzeugantrieb zeigen; deshalb wurden sie möglichst auf Grund der Regeln für die Prüfung

Abb. 3
Einbau eines Junkersmotors, Bauart SA 9, Düsenseite.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 405.
[2]) 80 mm Zyl.-Dmr., 150 mm Hub der Kolben, 3 Liter Hubraum.

von Verbrennungsmotoren der Society of Automotive Engineers[3]) durchgeführt, die allerdings auf Viertakt-Vergasermotoren zugeschnitten sind. Die Versuchsanordnung gleicht im wesentlichen der früher benutzten. Als Brennstoff diente Gasöl, dessen Siedelinie Abb. 5 darstellt.

Die Hauptergebnisse dieser Versuche zeigen Abb. 6 bis 10. Der aus der Reihe willkürlich entnommene Motor zeigt in bezug auf Leistung und Brennstoffverbrauch dasselbe günstige Verhalten, wie der frühere Versuchsmotor. Die kleinen Abweichungen sind hauptsächlich durch den Leistungsaufwand für die Kühlwasserpumpe, den Ventilator und die Lichtmaschine zu erklären. Der größte mittlere Arbeitsdruck liegt sehr hoch, Abb. 6. Er liegt — wohl infolge der sehr guten Spülung und Brennstoffverteilung des Junkers-Zylinders — an der oberen Grenze der in Dieselmotoren erreichten Arbeitsdrücke und entspricht den in Vergasermotoren mit guter Hubraumausnutzung erzielten[4]). Zusammen mit dem Zweitakt ergibt sich daraus die schon früher hervorgehobene günstige Literleistung, die der von Schnelläufern für Personenwagen- und Schnellastwagen entspricht oder sie noch übertrifft. Die Linien des Brennstoffverbrauchs, Abb. 7, bestätigen wieder die Feststellung Nägels eines sehr niedrigen Verbrauches an und für sich und eines verhältnismäßig geringen Abweichens von den Bestwerten bei Änderung von Drehzahl und Belastung, eine für die Wirtschaftlichkeit des Fahrbetriebs sehr wichtige Eigenschaft. Die Kleinstwerte liegen (bei Drehzahlen unter 900 U/min) für ¾-Last tiefer als bei Vollast, was auch den Anforderungen des Fahrbetriebes entspricht. Ebenso wie der niedrige Brennstoffverbrauch zeigte auch die im Vergleich mit Vergasermotoren geringe an das Kühlwasser übergehende Wärme und das Aussehen des Auspuffs, der nur bei Vollast leicht erkennbar, sonst auch bei kleiner Belastung und Leerlauf unsichtbar oder fast unsichtbar oder farblos war, die Güte der Verbrennung. Der Geruch der Abgase war kaum merklich und dürfte die Verwendung des Motors auch im Stadtbetrieb nicht hindern; sind doch selbst Personenwagen mit Benzinmotoren im Anfahren nach Stillstand oder bei Fahrt mit kleiner Belastung im allgemeinen weder ganz geruchlos noch ist ihr Auspuff stets unsichtbar.

Der Spülluftüberdruck ist nahezu unabhängig von der Belastung und steigt mit der Drehzahl. Er ist ebenso wie der Unterdruck und die Liefergrade der Spülpumpe im Zusammenhang mit der schon erwähnten Vergrößerung der Spülkolbenfläche größer als früher.

Rückschlüsse auf die für das Fahren wichtigen Eigenschaften des Motors (Beschleunigungsfähigkeit, Elastizität) lassen sich wohl am besten aus Abb. 8 ziehen. Darin zeigen die vollen Linien die Abhängigkeit des Drehmoments und des mittleren Arbeitsdrucks von der Drehzahl bei Vollfüllung (¹/₁-Last) und bei Teillasten, die unterbrochenen Linien dagegen die Drehmomente und Arbeitsdrücke bei gleichbleibender Spannung der Reglerfedern, also fester Stellung des Hand- oder Fußhebels. Anders als bei einem normalen Vergasermotor ändert sich bei dem Junkers-Fahrzeug-Dieselmotor das Drehmoment selbsttätig zwischen Voll- und Leerlauf. Der Motor „holt sich sein Gas selbst".

[3]) S. A. E. Handbook, New York, 1928 S. 24. Eine deutsche Übersetzung wird demnächst in der „Sparwirtschaft", Wien, erscheinen.
[4]) „Hütte" Bd. 2, 25. Aufl. S. 551.

Abb. 4
Schematische Darstellung der Drehzahlverstellung.

Jede Stellung des Hand- oder Fußhebels entspricht einem Bereich von Drehzahlen und Fahrgeschwindigkeiten, der bei abnehmender Drehzahl größer wird. Der Regler paßt die Füllung selbsttätig den Änderungen des Fahrwiderstandes an; erst wenn die Vollfüllung erreicht ist oder das Vollast-Drehmoment den Fahrwiderstand nicht mehr überwinden kann, nehmen seine Drehmomente längs der Linie für Vollast von dem Punkt ab, in dem die unterbrochene Regellinie die Drehmomentlinie schneidet. Dann muß gegebenenfalls wie bei einem Vergasermotor umgeschaltet werden.

Überschreitungen der zulässigen Höchstdrehzahl verhindert der Regler, Überschreitungen der zulässigen größten Füllung die Ausbildung der Brennstoffpumpe, so daß die Willkür des Fahrers beschränkt ist. Abb. 8 gibt für alle Betriebsfälle Aufschluß; denn der Junkers-Dieselmotor spricht fast augenblicklich auf jede vom Fahrer oder Regler veranlaßte Füllungsänderung an, während sich die Füllungsänderung (Drosselverstellung) eines Vergasermotors erst dann voll auswirkt, wenn in der Saugleitung und im Zylinder ein stabiler Zustand eingetreten ist, was bei kaltem Wetter oder ungünstiger Ausbildung der Gemischzufuhr verhältnismäßig lange dauern kann. Die weitgehend selbsttätige Erhaltung der vom Fahrer vorgeschriebenen Drehzahl durch die Regelung des Junkers-Dieselmotors dürfte ähnliche, aber wahrscheinlich viel weiterreichende Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit des Fahrbetriebes haben, als die selbsttätige Zündpunktverstellung an Vergasermotoren.

Versuche zur Feststellung der kleinsten Vollast-Drehzahl wurden durch das Verhalten der Bremseinrichtung erschwert; die Fahrversuche im Wagen zeigten jedoch, daß die Drehzahl noch wesentlich unter den auf der Bremse gefundenen Wert von 450 U/min sinken darf. Über die Gleichmäßigkeit der Eigenschaften einer Fabrikationsreihe gibt Zahlentafel 1 auf Grund der Abnahmeprotokolle des Junkersprüfstandes Aufschluß. Der geprüfte Motor hatte Nr. 2149.

Abb. 5
Siedelinie des verwendeten Gasöls. Dichte 0,859 bei 20 °C, oberer Heizwert 10 787 kcal, unterer Heizwert 10 099 kcal.

Abb. 6
Leistungs-, Drehmomenten- und mittlere Arbeitsdruckkurve.

Abb. 7
Kurve für den Brennstoffverbrauch.

Abb. 8
Drehmoment und mittlerer Arbeitsdruck.
—·—·— bei festgestelltem Füllungshebel.

Abb. 9
Spezifische Kühlwasserwärme.

Abb. 10
Liefergrade der Spülpumpe und Spülluftüberdruck.
a Liefergrad der Spülpumpen bezügl. des Arbeitshubraumes λ_1
b Liefergrad der Spülpumpen bezügl. des Spülpumpenraumes λ_2
c Spülluftüberdruck (mm Q.-S.)
d Unterdruck hinter der Düse (mm Q.-S.)

Zahlentafel 1
Abnahmeergebnisse einer Motorreihe

Motor Nr.	2145	2146	2147	2148	2149
Höchstleistung, begrenzt bei PS	50,6	50,0	47,5	50.5	49,4
U/min	1100	1100	1100	1100	1100
Brennstoffverbrauch g/PS$_e$h	191	197	203	198	191
zugehörige Brennleistung PS	50,6	48,6	47,5	45,0	49,5

Versuche, bei 28 ° Raum- und 28 bis 30 ° Kühlwasser-Zulauftemperatur den Einfluß wiederholten Anlassens auf die Akkumulatorenbatterie (Varta 6 B 10) festzustellen, waren insofern ergebnislos als 30maliges Anlassen, wobei jedesmal die Zündungen sofort einsetzten, keinen meßbaren Spanungsabfall ergab. Nach Mitteilungen der Junkers-Werke springt der Motor unabhängig von der Lufttemperatur sofort an, solange das Schmieröl nicht so zähflüssig ist, daß eine Nachhilfe mit der Hand nötig wird (unter — 10 bis — 15 ° nach Stehen eines Motors während einer Nacht im Freien). Infolge der hohen Verdichtung scheinen also keine Anlaßschwierigkeiten vorzukommen und die sonst üblichen Hilfsmittel (Verdichtungsminderer, Glühkerze usw.) werden daher nicht verwendet.

Unter dem Eindruck eines Aufsatzes von Saß[5]) über den Kohlenoxydgehalt der Abgase von Vergasermotoren wurden die Abgase des Junkers-Dieselmotors bei allen Belastungen möglichst genau auf Kohlenoxyd untersucht. Die von Manchot und Scherer[6]) beschriebene Messung mittels Silbernitrat in Pyridinlösung, deren Genauigkeit Schläpfer auf 0,1 bis 0,05 vH schätzt, mußte durch die äußerst empfindliche Nachweismethode mit Blut (spektroskopisch und mit Tanninreaktion) ersetzt werden, um überhaupt Spuren von Kohlenoxyd nachweisen zu können.

Ein Versuch, mit Benzin zu fahren, ergab einen verhältnismäßig geringen Leistungsabfall ohne sonstige Nachteile, so daß man aushilfsweise auch Benzin (dem wenig Schmieröl zugesetzt ist) verwenden könnte.

Fahrversuche bestätigten die aus den Motoreigenschaften erschlossene selbsttätige Einhaltung nahezu gleicher Fahrgeschwindigkeit, wenn diese einmal durch den Fahrer eingestellt ist (Betätigung des Hand- oder Fußhebels), und zeigten die große Beschleunigungsfähigkeit des Motors, sowie seine Verwendbarkeit als Motorbremse mit gleicher Wirksamkeit wie bei Vergasermotoren. Ein Unterschied besteht diesbezüglich nur insofern, als der Junkers-Dieselmotor beim Bremsen keinen, nicht einmal Leerlauf-Brennstoff verbraucht, und das bei Vergasermotoren mitunter nach dem Laufen als Bremse auftretende Knallen (Nachbrennen im Auspuff) ausgeschlossen ist. Die im Gang befindliche Ausbildung von Beschleunigungsmessern dürfte ermöglichen, einwandfreie Beschleunigungs- und Verzögerungsmessungen anzustellen.

Zusammenfassend, ergeben die Versuche und Beobachtungen, daß der Junkers-Motor neben der durch das Dieselverfahren gegebenen Verwendung von billigeren, weniger feuergefährlichen und raumsparenden Brennstoffen noch folgende für den Fahrzeugbetrieb wertvolle Eigenheiten hat.

Wohl infolge der sehr guten Verbrennung im Junkers-Motor ist der Brennstoffverbrauch nicht nur sehr niedrig, sondern es ist auch unnötig, besonders verbesserte Gasöle zu verwenden. Der bei den Versuchen verbrauchte Brennstoff war ein durchaus normales Dieselmotoren-Gasöl, das dem Verbraucher etwa 11 Pf/kg kostet.

Infolge der geringen Veränderlichkeit des Brennstoffverbrauchs bei Änderung der Betriebsbedingungen zeigt der Motor weitgehende Rauchfreiheit auch bei großen Änderungen von Belastung und Drehzahl, so daß selbst im Leerlauf sämtliche Zylinder an der Verbrennung teilnehmen können, ohne daß dadurch Nachteile erwachsen. Im Gefälle stellt der Motor den Brennstoff selbsttätig ab, und die Zündung setzt bei Wiederauftreten des Fahrwiderstandes sofort wieder ein. Auf Änderungen der Belastung spricht der Motor fast augenblicklich an, erreicht durch seine günstige Drehmomentlinie eine sehr gute Beschleunigung des Fahrzeuges und hält es selbsttätig in engen Grenzen auf der vom Fahrer eingestellten Geschwindigkeit.

Die günstigen Eigenschaften des Doppelkolben-Verbrennungsraumes verringern die Wärmeabgabe an das Kühlwasser, vergrößern infolgedessen den thermischen Wirkungsgrad und gestatten, mit kleineren Kühlern auszukommen. Sie ergeben ferner sicheres Anlassen, wobei sich auch bei recht niedrigen Außentemperaturen Vorbereitungen (durch Anheizen oder durch Einspritzen von Leichtbrennstoffen) erübrigen. Die Höchstleistung wird ohne Rücksicht auf den Wärmezustand sofort erreicht.

Die Abgase enthalten fast kein Kohlenoxyd, so daß keine Gefährdung der Bedienungsmannschaft in den Einstellräumen und keine gesundheitschädliche Beeinflussung der Straßenluft zu befürchten ist. Entfall des Einschleifens von Einlaß- und Auslaßventilen, leichter Ausbau des Triebwerkes nach oben, verringerte Brennstoffpumpen-, Zylinder- und Düsenzahl verkleinern die Wahrscheinlichkeit von Störungen und erleichtern deren Behebung. Zur Anpassung an die Außentemperaturen sind im Gegensatz zu Vergasermotoren Einstellungen oder eine besondere Auswahl des Brennstoffes nicht erforderlich. [B 2163]

[5]) „Autotechnik" Bd. 17 (1928) Nr. 13 S. 6.
[6]) Ber. d. Chem. Ges. 1927 S. 326.

Untersuchung der Zerstäubung durch Spritzvergaser[1])

Von Dr.-Ing. J. Sauter, München

(Mitteilung aus dem Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München)

Anlaß und Zweck der Messungen. — Bedeutung der Feinheit der Zerstäubung und des Niederschlages an der Wand der Gemischleitung. — Einrichtung zum Messen der mittleren Teilchengrößen und des Wandniederschlages. — Die untersuchten Vergaser. — Beispiele der ausgeführten Messungen. — Ergebnisse der Versuche.

Bei Verpuffungsmotoren für flüssige Brennstoff bildet man das Brennstoff-Luft-Gemisch fast ausschließlich mittels einer strahlpumpenartig wirkenden Vorrichtung, des sogenannten Spritzvergasers[2]), dessen einfachste Ausführung Abb. 1 entspricht. Der infolge des Unterdrucks aus der Brennstoffdüse *d* tretende Brennstoff wird durch den Luftstrom in kleine Tröpfchen zerrissen und mit der Verbrennungsluft gemischt. Infolge der Zerstäubung wird die Oberfläche, die der Brennstoff der Verbrennungsluft darbietet, außerordentlich vergrößert.

Feinheit der Zerstäubung und Wandniederschlag

Bei sehr leicht siedenden Brennstoffen gelingt es, so fein zu zerstäuben, daß der Brennstoff beim Verpuffungsmotor schon in der Gemischleitung ohne besondre Heizung vollständig verdampft. Bei schwerer siedenden Brennstoffen, auch schon gewöhnlichem Benzin, gelingt dies aber nicht oder nur unvollkommen; die Brennstofftröpfchen verdampfen erst während der Verbrennung infolge der dabei erzeugten Wärme. Da im Motor die Verbrennung in sehr kurzer Zeit beendigt sein muß, ist eine genügend feine Zerstäubung sehr wichtig.

Die Schwierigkeiten beim Betrieb von Motoren mit schwer siedenden Brennstoffen waren Anlaß zu zahlreichen Untersuchungen über den Vorgang der Zerstäubung.

Eine theoretische Berechnung der Zerstäubung durch Spritzvergaser ist wegen der verwickelten Verhältnisse noch nicht möglich; die bisherigen Untersuchungen über die Feinheit der Zerstäubung beziehen sich fast ausschließlich auf Anordnungen, bei denen der Brennstoff unter hohem

[1]) Auszug aus Heft 312 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1928, VDI-Verlag.

[2]) Vergl. „Hütte" 25. Aufl. Bd. 2 S. 544.

Abb. 2
Schema der Versuchsanlage.

a Brennstoffbehälter mit Standglas
b Brennstoffleitung zum Vergaser
c Stichprober zur Bestimmung der sekundlich zerstäubten Flüssigkeitsmenge
d Dreiweghahn dazu
e Absperrhahn in der Brennstoffleitung
f Vergaser
g Ansaugluftleitung zum Vergaser
h Staurohr zum Messen der angesaugten Luftmenge
i Gemischleitung (Saugleitung)
k Öffnungen in der Gemischleitung
l umlaufende Glasfenster
m Anschluß zum Messen des statischen Druckes in der Gemischleitung
n Abzweig zum Abscheiden des Wandniederschlages
o Meßglas für den Wandniederschlag
p Absperrhahn dazu
q Sammelbehälter für den Wandniederschlag
r Druckausgleichleitung
s Abscheidekessel für die Flüssigkeit mit Prallflächen und Flüssigkeitstandanzeiger
t Nebenluftventil zum Regeln der vom Vergaser angesaugten Luftmenge
u Absperrschieber
v Luftbehälter
w Luftpumpe
x Abluftleitung
y Staurohr zum Messen der Abluftmenge
z Luftumlaufventil

Abb. 1
Einfacher Spritzvergaser.
a Luftleitung *b* Luftdüse *c* Brennstoffleitung *d* Brennstoffdüse *e* Gemischleitung

Druck in ruhende Luft eingespritzt wird (Druckzerstäu bung). Messungen an Druckzerstäubern, die überdies noc sehr unvollständig sind, lassen sich aber auf Spritzver gaser nicht übertragen; denn sie geben keinen Aufschlu über die Zerstäubung unter wechselnden Bedingungen.

Für die Weiterentwicklung der Spritzvergaser ist e wichtig, die Feinheit der Zerstäubung experimentell z bestimmen, und zwar unter den Bedingungen, die dem Be trieb des Verpuffungsmotors entsprechen. Die in Betrach kommenden Meßverfahren sind schon früher[3]) beschrie ben worden. Nach diesen im Laboratorium für technisch Physik der Technischen Hochschule in München ausge arbeiteten Meßverfahren[4]) ist es möglich, die Feinheit be Druckzerstäubung sowie bei der Zerstäubung in Spritzver gasern in einfacher Weise zu messen.

Eine Hauptschwierigkeit für den Betrieb von Motore mit Spritzvergasern ist, daß sich auf dem Wege von de Brennstoffdüse zu den Zylindern stets ein Teil des zer stäubten Brennstoffes an der Wand der Saugleitung nieder schlägt. Die Menge des Niederschlages ist häufig sehr groß sie beträgt oft die Hälfte und mehr der insgesamt zerstäub ten Brennstoffmenge.

Bei leicht siedenden Brennstoffen, wie Benzin, fäl dies nicht besonders auf, weil der niedergeschlagene Brenn stoff im Luftstrom genügend schnell verdampft, zumal di große Oberfläche der Gemischleitung wie ein Oberflächen vergaser wirkt. Bei Brennstoffen mit hohem Siedepunk kann man dagegen einen geordneten Betrieb nur durch be sondre Maßnahmen, insbesondre starke Heizung der Ge mischleitung durchführen; dennoch läuft der Motor nich so gleichmäßig und elastisch wie bei Betrieb mit Benzin da bei Änderungen der Belastung, insbesondre bei schwa cher Belastung und im Leerlauf, Störungen in der Gemisch bildung auftreten.

Versuchsanlage

Bei der nachstehend beschriebenen Versuchsanordnung Abb. 2, wurde zum Fördern der durch den Vergaser strö menden Luftmenge eine Wasserringluftpumpe *w*[5]) de Siemens-Schuckert-Werke (Elmopumpe) benutzt, dere höchste Förderleistung 120 l/s beträgt. Die vom Ver gaser angesaugte Frischluftmenge wurde mittels der Ven tile *t* und *z* in beliebiger Weise geregelt. Die Saugseit der Luftpumpe war an einen Luftbehälter *v* von rd. 0,8 m Inhalt angeschlossen. Vom Luftbehälter führt eine Lei tung von 3" über einen Absperrschieber *u* und ein Einlaß ventil *t*, durch das die Leitung mit der Außenluft verbunden werden kann, zur eigentlichen Meßeinrichtung, die mit de später beschriebenen optischen Vorrichtung zum Messen der mittleren Teilchengröße in einem abgeschlossenen ver dunkelbaren Raum aufgestellt war. Die Leitung führt zu nächst zu einem Flüssigkeitsabscheider *s*: einem kleinen Kessel mit eingebauten Prallflächen. Durch mehrfaches Umlenken des Luftstromes scheidet man hier die Brenn stofftröpfchen aus dem vom Vergaser kommenden Gemisch zum größten Teil aus; sie sammeln sich im unteren Tei

[3]) Vergl. J. Sauter, Die Größenbestimmung von Brennstoffteilchen Forschungsarbeiten, Heft 279 und Z. Bd. 70 (1926) S. 1040.

[4]) Vergl. J. Sauter, a. a. O., S. 31 u. f.

[5]) Vergl. „Hütte" 25. Aufl. Bd. 2 S. 881; s. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 157

les Abscheiders, von wo sie nach dem Versuch mittels eines Hahns abgelassen werden.

Im Abscheider endigt die vom Vergaser kommende wagerechte Gemischleitung i. Hierfür wurden Metallrohre von 38 und von 94 mm l. W. verwendet. Die Gemischleitung hat zwei einander gegenüberliegende Öffnungen k (Fenster) von 20 mm Dmr. für den Durchgang des zur photometrischen Bestimmung der mittleren Teilchengröße dienenden Lichtstrahles.

Da in der Gemischleitung meist ein starker Unterdruck herrscht, sind diese Öffnungen durch Glasfenster verschlossen. Wie schon L. Heuser[6]) festgestellt hat, beschlagen sich solche Fenster sehr rasch. Dies mußte hier vermieden werden, da die Änderung der Lichtdurchlässigkeit der Glasscheiben zu Fehlmessungen führen konnte. Daher wurden nicht feste, sondern umlaufende Glasfenster l angebracht, die elektrisch angetrieben werden und durch Filzringe an den Öffnungen abgedichtet sind.

Die Beobachtungsstelle k der Gemischleitung lag bei den verschiedenen Versuchen 30 bis 40 cm hinter dem Vergaser. Die Entfernung entspricht dem Weg, den im Mittel die Brennstoffteilchen von der Zerstäubungsstelle bis in den Zylinder eines Verpuffungsmotors zurücklegen. Dahinter wird die in der Gemischleitung auf dem Wege von der Brennstoffdüse bis zur Beobachtungsstelle an der Wand der Gemischleitung niedergeschlagene Brennstoffmenge aufgefangen und gemessen. Die Gemischleitung hat an dieser Stelle eine Abzweigung n nach unten, die durch ein eingeteiltes Meßglas o über den Absperrhahn p zu einem Behälter q führt.

An den Anfang der Gemischleitung wird der zu untersuchende Vergaser f angebaut. Die diesem zugeführte Luftmenge wird mittels des Staurohrs h in der Luftleitung g, die zufließende Brennstoffmenge mittels Stichprobers c gemessen.

Messung der Feinheit der Zerstäubung

Da das Gemisch gleichzeitig Brennstoffteilchen von sehr verschiedener Größe enthält, muß man als Maßstab für die Feinheit eine bestimmte Mittelgröße der Teilchen einführen. Der Begriff der „mittleren Teilchengröße" hat folgende Bedeutung: Statt des wirklichen Gemisches, das Teilchen verschiedener Größe enthält, denkt man sich ein Gemisch mit Teilchen einer einzigen Größe; diese mittlere Teilchengröße wird so gewählt, daß das wirkliche und das gedachte Gemisch in bestimmten Größen übereinstimmen. Die Wahl dieser Größen richtet sich nach dem Zweck, der mit der Bestimmung der Feinheit verfolgt wird.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um Brenneigenschaften des Gemisches. Für diese ist die Gesamtoberfläche der Teilchen maßgebend; die „mittlere Teilchengröße" r_m wird deshalb so gewählt, daß die Teilchen des wirklichen Gemisches und die Teilchen des Ersatzgemisches bei gleichem Gesamtvolumen V die gleiche Gesamtoberfläche O haben; $r_m = 3\,V/O$.

r_m ist der Halbmesser der Brennstoffteilchen mittlerer Größe. Zur Bestimmung von r_m muß man außer dem Gesamtvolumen die Gesamtoberfläche der Teilchen kennen.

Zu messen sind das Volumen $\mathfrak{V}$ der in der Zeiteinheit durch die Gemischleitung vom Durchmesser D strömenden Luft, die sekundlich zerstäubte Brennstoffmenge V und die Schwächung $\mathfrak{u}$ in Hundertteilen, die ein durch die Gemischleitung fallender Lichtstrahl erfährt. Man erhält dann als mittlere Teilchengröße

$$r_m = -0{,}75 \frac{V D}{\mathfrak{V} \ln\left(1 - \frac{\mathfrak{u}}{100}\right)}.$$

[6]) Untersuchung des Vorganges im Spritzvergaser, Autotechnik Bd. 11 (1922) Heft 12.

Die Größe $\mathfrak{u}$ wird mittels einer Anordnung gemessen, deren Einzelheiten aus Abb. 3 ersichtlich sind. Das Photometer m läßt sich auf den Schienen k der Photometerbank verschieben. Die Nullstellung des Photometers erhält man, indem man auf gleiche Helligkeit der Gesichtskreishälften einstellt, wenn die Gemischleitung g kein schwächendes Gemisch enthält (also für $\mathfrak{u} = 0$).

Die Lichtschwächung $\mathfrak{u}$, die ein in der Gemischleitung strömendes Gemisch hervorruft, ergibt sich dann aus der Verschiebung Δ des Photometers gegenüber der Nullstellung, die notwendig ist, um gleiche Helligkeit der Gesichtskreishälften herzustellen. Diese Verschiebung liest man mittels eines Zeigers i des Photometerwagens an einer Teilung h der Photometerbank ab. Da zu jeder Verschiebung ein bestimmter, berechenbarer Wert $\mathfrak{u}$ gehört, kann man statt einer Millimeterteilung eine solche verwenden, die gleich die zugehörigen Werte von $\mathfrak{u}$ oder, noch einfacher, von $u = 100 \ln\left(1 - \frac{\mathfrak{u}}{100}\right)$ trägt. Der einem bestimmten Gemisch entsprechende Wert von u läßt sich dann jeweils unmittelbar ablesen.

Abb. 3
Anordnung zur Bestimmung der durch die Teilchen bewirkten Lichtschwächung.

a Projektionsapparat
b Blenden
c_1 c_2 parallele Lichtbüschel
d_1, d_2, d_3, d_4 Spiegel
e_1, e_2 Objektive
g Gemischleitung mit Fenstern
h Teilung an der Photometerbank
i Zeiger am Photometerwagen
k Schienen der Photometerbank
l Glasplattensatz
m Photometer

Durch Einführung von u erhält man für die mittlere Teilchengröße

$$r_m = \frac{3\,\mathfrak{V}}{O} = 75 \frac{V D}{\mathfrak{V}\, u}.$$

Die untersuchten Vergaser

Die Vergaser wurden so gewählt, daß Vergaser einfachster wie neuester Bauart geprüft wurden.

1. Einfacher Spritzvergaser, Abb. 1,
2. Claudel-Hobson-Vergaser AR 26,
3. Zenith-Vergaser HK 36,
4. Pallas-Intensiv-Vergaser ID 3 H.

Die letzten zwei Vergaser arbeiten mit Mehrfachzerstäubung und sind besonders auch für Petroleum bestimmt.

Es wurden gemessen:

1. das durch den Vergaser strömende Luftvolumen $\mathfrak{V}_0$ in l/s,
2. der Unterdruck h_1 in der Gemischleitung in mm Q.-S. und das in der Gemischleitung strömende Luftvolumen $\mathfrak{V}_1$ in l/s,
3. die zerstäubte Flüssigkeitsmenge V_{Ges} in cm³/s,
4. die an der Wand der Gemischleitung zwischen Vergaser und Beobachtungsstelle niedergeschlagene Flüssigkeitsmenge V_{Wand} in cm³/s,
5. der Wert u, der von der Feinheit des Gemisches abhängt.

Abb. 4
Meßergebnisse an einfachen Spritzvergasern.
Betriebstoff: Wasser und Petroleum.

Abb. 5
Meßergebnisse am Pallas-Vergaser I D 3 H.
Betriebstoff: Wasser

Abb. 6
Ermittlung der mittleren Teilchengröße R_m an verschiedenen Vergasern. Betriebstoff: Petroleum.

Aus V_{Wand} und V_{Ges} läßt sich der Wandniederschlag $W = 100 \frac{V_{Wand}}{V_{Ges}}$ in vH der zerstäubten Flüssigkeitsmenge bestimmen. Die an der Beobachtungsstelle im Luftstrom zerstäubte Flüssigkeitsmenge beträgt, wenn keine Verdampfung eintritt $(V_{Ges} - V_{Wand})$ cm³/s. Durch Versuche wurde festgestellt, daß rd. 5 bis 10 vH der Flüssigkeit auf dem Wege bis zum Abscheider s, vergl. Abb. 2, verdunsten. An der Beobachtungsstelle ist demnach die noch im Luftstrom schwebende Flüssigkeitsmenge kleiner als $V_{Ges} - V_{Wand}$.

Diesem Umstand trägt die Annahme Rechnung, daß im Mittel etwa 10 vH der zerstäubten Flüssigkeitsmenge verdunsten, was im Hinblick auf die überhaupt erreichbare Genauigkeit der Bestimmung der mittleren Teilchengröße ausreicht. An der Beobachtungstelle schwebt demnach im Luftstrom die Flüssigkeitsmenge

$$V_{beob} = 0{,}9\,(V_{Ges} - V_{Wand})\,.$$

Nach früherem ist dann die mittlere Teilchengröße an der Beobachtungsstelle

$$r_m = \frac{3\,V_{beob}}{O_{beob}} = 75\,\frac{0{,}9\,(V_{Ges} - V_{Wand})\,D}{\mathfrak{B}\,u}\,.$$

Es ist leicht einzusehen, daß r_m auch dann noch sehr klein sein kann, wenn sich der größte Teil der zerstäubten Flüssigkeit auf dem Weg vom Vergaser bis zur Beobachtungsstelle an der Wand niedergeschlagen hat, denn es schlagen sich dabei hauptsächlich die großen Flüssigkeitsteilchen nieder. Der Wert r_m liefert also nur ein Bild der an der Beobachtungstelle vorhandenen Zerstäubung.

Im Hinblick auf einen regelmäßigen Betrieb des Explosionsmotors kommt es aber nicht so sehr darauf an, wie groß die Teilchengröße in der Gemischleitung oder beim Eintritt in die Zylinder ist, sondern darauf, wie fein die gesamte zerstäubte Brennstoffmenge zerteilt wird. Berücksichtigt man deshalb bei der Berechnung der mittleren Teilchengröße nicht nur die Flüssigkeitsmenge an der Beobachtungsstelle, sondern die gesamte zerstäubte Menge V_{Ge} dann erhält man einen zweiten Wert R_m für die mittlere Teilchengröße

$$R_m = \frac{3\,V_{Ges}}{O_{beob}} = 75\,\frac{V_{Ges}\,D}{\mathfrak{B}\,u}\,.$$

Für $W > O$ ist stets $R_m > r_m$. Wird der Wandniederschlag klein, so nähert sich R_m immer mehr r_m.

Bei den Versuchen wurde auch der Einfluß der besonderen Bedingungen geprüft, unter denen jeweils die Zerstäubung stattfindet. Daher wurden Vergaser verschiedener Bauart bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten untersucht, wobei Petroleum (spez. Gew. 0,810) und Wasser, also Flüssigkeiten mit möglichst verschiedenen Kapillarkonstanten (3 und 7,7) zerstäubt wurden, da aus theoretischen Erwägungen ein bedeutender Einfluß der Größe der Kapillarität auf die Feinheit der Zerstäubung erwartet werden konnte. Ferner wurden untersucht:

1. Der Einfluß der Weite der Gemischleitung auf die Zerstäubung durch Verwendung von zwei verschiedenen Gemischleitungen.
2. Der Einfluß des Durchmessers der Luftdüse durch Verwendung von Luftdüsen von 24, 26 und 28 mm Dm
3. Der Einfluß des Mischverhältnisses Q durch Verwendung verschiedener Brennstoffdüsen.

Einige Meßergebnisse

In Abb. 4 bis 6 sind Beispiele der Meßergebnisse dargestellt.

Bei kleinem Unterdruck h_1 war die Zerstäubung verhältnismäßig grob. Für die untersuchten Horizontalvergaser betrug bei $h_1 = 20$ mm Q.-S. für Petroleum R_m 23 bis 33 μ je nach der Bauart des Vergasers und der Weite der Luftdüse. Bei $h_1 = 100$ mm Q.-S. ergab sich entsprechend $R_m = 5$ bis $7{,}5\,\mu$ und bei $h_1 = 200$ mm Q.-S. betrug $R_m = 3$ bis $5\,\mu$. Die Zerstäubung ist also für Petroleum bei großen Werten von h_1 sehr fein.

Für Wasser waren mittlere Teilchengröße und Wandniederschlag ungünstiger als für Petroleum. Der nähere Zusammenhang wurde untersucht, ebenso die Abhängigkeit der mittleren Teilchengröße R_m von dem durch die Gemischleitung strömenden Luftvolumen. Es ergab sich in beiden Fällen ein großer Einfluß der Bauart des Vergasers.

Die Versuche zeigen, daß die Einrichtung geeignet ist, die Vorgänge im Spritzvergasser durch Messungen zu verfolgen. Sie gestattet, im Handel befindliche Vergaser und andre Zerstäuber auf die Feinheit der gelieferten Zerstäubung zu prüfen und den Einfluß von konstruktiven Änderungen festzustellen. [B 2152]

Motorkraftstoffe für den deutschen Kraftfahrzeugbetrieb

Von Prof. Wawrziniok, Dresden

Die andauernde Steigerung der Einfuhr flüssiger Kraftstoffe für den Betrieb der Kraftfahrzeuge nach Deutschland läßt sich durch bauliche Maßnahmen an den Fahrzeugmotoren und durch Anpassung der Kraftstoffe an die Bauart der Motoren einschränken. Auch durch weitgehende Benutzung der schnellaufenden Dieselmotoren anstelle der Vergasermotoren kann man erhebliche Mengen der eingeführten Leichtöle sparen. Versuchsergebnisse zeigen, daß man statt Benzin auch Benzol und Alkohol für Vergasermotoren verwenden kann und daß Mischungen von Kraftstoffen ihre Betriebseigenschaften verbessern können.

Im Jahre 1927 verbrauchten in Deutschland 723 935[1]) im Betriebe befindliche Kraftfahrzeuge etwa 1 Mill. t Kraftstoffe verschiedener Art, wovon mehr als die Hälfte eingeführt oder aus ausländischen Rohstoffen erzeugt waren. Wenn dieser Verbrauch, bezogen auf den Kopf der Bevölkerung, auch nicht so groß ist, wie der in andern Ländern, insbesondre in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo für den gleichen Zeitraum rd. 35 Mill. t für 23 373 550 Kraftfahrzeuge verbraucht wurden, so ist es doch wegen der ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse in Deutschland geboten, den Kraftstoffverbrauch zu vermindern, ohne dadurch den Kraftfahrzeugverkehr einzuschränken.

In den Vereinigten Staaten, deren Erdölvorkommen auf absehbare Zeit hinaus noch fast unerschöpflich sind und wo auch natürliche Erdgase zum Ersatz der flüssigen Brennstoffe mit herangezogen werden können, liegen die Verhältnisse der Kraftstoffwirtschaft einfacher als in Deutschland. Deutschland mußte im Jahre 1927 zur Befriedigung seines Inlandbedarfes allein 238 551 t Rohbenzin, 351 613 t Leichtbenzin, 123 759 t Schwerbenzin sowie 264 337 t Gasöl einführen, wofür rd. 152 Mill. ℛℳ an das Ausland bezahlt wurden. Daneben waren noch Rohöle, Leuchtöle und Schmieröle, die teilweise mit durch Kraftfahrzeuge verbraucht sind, einzuführen.

Leider können dieser Einfuhr keine gleichwertigen, sichtbar in die Erscheinung tretende Erzeugnisse des Kraftfahrzeugverkehrs gegenübergestellt werden. Trotzdem ist aber der Kraftstoffverbrauch durch Kraftfahrzeuge kein nutzloser Faktor im Wirtschaftsbetriebe, denn er fördert die Gesamtwirtschaft in hohem Maß.

Unter diesem Gesichtspunkte braucht uns die Einfuhr ausländischer Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge keine so großen Sorgen zu bereiten; besser wäre es natürlich, wenn sie im Inlande gewonnen oder nach billigen Verfahren erzeugt werden könnten. Solange das aber nicht der Fall ist, muß man den spezifischen Kraftstoffverbrauch der einzelnen Fahrzeugmotoren möglichst vermindern und den Gesamtwirkungsgrad der Fahrzeuge verbessern.

Auf diesem Weg ist während des letzten Jahrzehntes in Deutschland und auch in anderen Ländern viel geleistet worden. Man darf annehmen, daß gegenüber den Jahren vor dem Weltkriege der mittlere jährliche Verbrauch eines Kraftfahrzeugs auf etwa die Hälfte zurückgegangen ist. Dies ist der Verbesserung der Motoren und insbesondre ihrer Vergaser, ferner auch der verständnisvolleren Auswahl der Kraftstoffe für die einzelnen Motorenbauarten zuzuschreiben. Von den wenigen nach wissenschaftlichen Grundsätzen entworfenen Vergasern arbeiteten früher die meisten nur bei Volleistung des Motors wirtschaftlich, dagegen gibt es jetzt Vergaser, die bei fast allen Motorbelastungen den Kraftstoff gut zerstäuben und hinreichend gleichmäßige, theoretisch richtige Gemische von Kraftstoff und Verbrennungsluft herstellen.

Dabei ist auch die Erkenntnis durchgedrungen, daß die Wärmeverhältnisse eine große Rolle spielen[2]); man hat durch Vorwärmen der Verbrennungsluft und des Gemisches die Beständigkeit des Kraftstoffnebels erhöht. Außerdem baut man heute in die Kühler Thermostaten ein, die durch Ändern des Umlaufes das Kühlwasser und damit die Zylinderwände rasch auf die günstigste Betriebstemperatur bringen und dabei erhalten.

Motorkraftstoffe

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß Motorkraftstoffe gebrauchsfertig in der Natur nicht vorkommen und daß alle natürlichen Brennstoffe ohne besondere Vorbereitung als Kraftstoffe unbenutzbar sind. „Kraftstoffe" sind Brennstoffe, die für die Benutzung in den Verbrennungs-

[1]) Man darf annehmen, daß heute in Deutschland 1 Mill. Kraftfahrzeuge laufen.

[2]) Wawrziniok, Die Regelung des Wärmezustandes der Kraftwagenmotoren, Mitt. d. Inst. f. Kraftfahrwesen Bd. 2, S. 51.

Zahlentafel 1
Übersicht über die gebräuchlichen Kraftstoffe.

Nr.	Kraftstoff	spezifisches Gewicht bei 15°	Elementarzusammensetzung			Heizwerte			Taupunkt	Siedegrenzen		Kennzahl
			C vH	H vH	O vH	H_o nach Verbandsform. $81\,C + 290\,(H - O/8)$ kcal/kg	H_u (Junkers-Kal.) kcal/kg	Verbrennungswasser, berechnet nach Analyse kcal/kg	°C	Anfang °C	Ende °C	
1	Normal-Benzin (Kahlbaum)	0,697	84,80	15,16	0,04	11262	10150	819,1	43,5	52,5	88,5	79,3
2	Auto-Benzin (Elb)	0,735	84,74	14,47	0,79	11042	10530	785,4	37,5	82,5	175,5	108,2
3	Dapolin	0,734	85,43	13,78	0,79	10887	10040	744,1	49,5	62,0	205,5	128,9
4	Stellin	0,739	85,35	13,40	1,25	10753	10110	723,6	38,5	53,5	202,5	130,4
5	Benzin (Euco)	0,730	85,47	14,20	0,33	11029	10500	766,8	39,5	43,0	204,0	121,9
6	Rein-Benzol (Kahlbaum)	0,884	92,00	7,46	0,54	9503	9660	402,8	50,8	55,0	86,5	82,3
7	B. V.-Benzol	0,874	90,60	8,16	1,24	9659	9680	440,6	41,0	82,5	154,0	107,5
8	Motoren-Benzol	0,879	90,56	8,07	1,37	9626	9460	435,8	51,0	70,0	134,0	88,9
9	Benzol (Euco)	0,865	90,84	8,10	1,06	9666	9600	437,4	44,5	61,0	129,0	91,2
10	Aral	0,804	88,78	10,88	0,27	10235	9735	583,5	37,5	49,5	172,0	111,4
11	50 vH Benzin + 50 vH Benzol (Euco)	0,797	88,03	10,93	1,04	10262	9820	590,2	40,5	47,5	179,5	107,9
12	Abs. Alkohol (unvergällt)	0,794	51,85	12,80	35,35	6630	6260	691,2	40,0	56,0	84,0	77,0
13	Abs. Alkohol mit 5 vH Stellin	0,792	53,38	12,86	33,76	6729	6270	694,4	41,0	59,0	87,0	80,5
14	Monopolin; abs. Alkohol 30 vH + 70 vH Dapolin	0,753	75,06	13,54	11,40	9591	8770	731,2	34,0	48,0	214,5	110,5
15	Monopolin BV: 50 vH Sprit 96 + 30 vH Stellin + 20 vH Benzol	0,796	67,93	12,10	19,97	8576	7720	653,4	36,0	47,0	171,5	86,8
16	Brennspiritus des Handels	0,817	47,79	12,65	39,56	6104	5420	683,1	53,0	61,5	93,0	82,2
17	Petroleum des Handels	0,815	83,30	12,98	3,72	10375	9800	700,9	43,0	114,0	297,5	210,0
18	Amerik. Tractator-Öl für die Dieselmotoren (filtriert)	0,833	86,82	12,73	0,45	10706	10100	687,4	67,5	145,0	331,0	224,0

Als Sauerstoffgehalt ist der Unterschied zwischen $C + H$ und 100 vH eingesetzt; der Gehalt an S und an N (in Brennspiritus) bleibt also unberücksichtigt.

Abb. 1
Betrieb mit Benzin; $\varepsilon = 5,3$, 1200 U/min.

Abb. 2
Betrieb mit BV-Benzol; $\varepsilon = 5,3$, 1200 U/min.

Abb. 3
Betrieb mit Alkohol mit 5 vH Stellin; $\varepsilon = 5,3$, 1200 U/min.

Abb. 4
Betrieb mit „Monopolin" (70 vH Dapolin + 30 vH Alkohol); $\varepsilon = 5,3$, 1200 U/min.

Abb. 1 bis 4. Einfluß des Zündzeitpunktes auf den Verlauf des Verbrennungsdruckes.

maschinen der Kraftfahrzeuge vorbehandelt worden sind. Diese Behandlung besteht im Destillieren des Rohstoffs und Fraktionieren des Destillats in die benutzbaren Bestandteile, ferner im Rektifizieren und im Raffinieren mittels Schwefelsäure, Laugen und dergl. Kraftstoffe sind aber auch Mischungen von raffinierten Brennstofffraktionen oder von verschiedenen Kraftstoffen. Diese Mischkraftstoffe sind für die gesamte Kraftstoffwirtschaft von Bedeutung, da sie den thermischen Wirkungsgrad der Motoren verbessern und damit den Gesamtverbrauch an Kraftstoff vermindern können.

Auch durch bauliche Maßnahmen kann man den Betriebsaufwand für die Motoren vermindern; z. B. kann man durch gesteigerte Vorverdichtung das Gemisch erwärmen und derart aufschließen und vorbereiten, daß sich die nachfolgende Verbrennung schneller und vollständiger vollzieht[3]).

Die in Deutschland verwendeten Kraftstoffe sind hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung flüssige Kohlenwasserstoffe, und zwar a l i p h a t i s c h e, d. s. in offenen Ketten nebeneinander gereihte, oder a r o m a t i s c h e, d. s. in geschlossenen Ketten ringförmig angeordnete Verbindungen des Kohlenstoffes mit dem Wasserstoff. Daneben verwendet man noch A l k o h o l e, die sich chemisch von den aliphatischen Kohlenwasserstoffen dadurch unterscheiden, daß ein oder mehrere Wasserstoffatome durch Wasserreste (Hydroxyl) ersetzt sind. Die Alkohole enthalten demnach neben Kohlenstoff und Wasserstoff auch Sauerstoff. Sind in den aromatischen Kohlenwasserstoffen Wasserstoffatome durch die Hydroxylgruppe ersetzt, so nennt man sie allgemein P h e n o l e.

[3]) Vergl. W a w r z i n i o k, Anpassung der Kraftstoffe an die Bauart der Motoren und Vorgänge bei der Verbrennung derselben Mitt. d. Inst. f. Kraftfahrwesen Bd. 4 S. 7 u. f.

Die aliphatischen Kohlenwasserstoffe unterscheiden sich von den aromatischen, wie Zahlentafel 1 zeigt, durch ihren Wasserstoffgehalt. Während die aliphatischen Kraftstoffe (Nr. 1 bis 5) 15,60 bis 13,40 vH Wasserstoff enthalten, zeigen die aromatischen (Nr. 6 bis 9) 7,46 bis 8,16 vH Wasserstoff. Alkohol und Brennspiritus enthalten außer Kohlenstoff und Wasserstoff noch 33,76 bis 39,56 vH chemisch gebundenen Sauerstoff. Die Werte der Zahlentafel entstammen Elementaranalysen im physikalisch-chemischen Laboratorium des Instituts für Kraftfahrwesen. Die oberen Heizwerte sind daraus berechnet, die unteren im Junkers-Kalorimeter ermittelt[4]).

Die Siedegrenzen sind die Temperaturen, bei denen Beginn und Ende der Destillation nach der im Institut für Kraftfahrwesen ausgearbeiteten Methode der Siedeanalyse beobachtet wurde[5]). Die Kennzahl ist die mittlere Siedetemperatur des Kraftstoffes. Man erhält sie, indem man die so bei den Fraktionen von 5, 15, 25 bis 95 vH beobachteten Temperaturen addiert und den Mittelwert bildet.

Infolge ihres höheren Wasserstoffgehaltes und ihrer sonstigen Eigenschaften verbrennen die benzinartigen Kohlenwasserstoffe am raschesten; sie verursachen ferner von einem gewissen Verdichtungsdruck an eine noch nicht geklärte Art der Verbrennung in den Motoren, die ein schlagartiges Geräusch — das K l o p f e n — auslösen kann. Solange der Verdichtungsgrad niedrig ist, z. B. bis etwa $\varepsilon = 4,5$, tritt bei keiner der üblichen Formen des Verbrennungsraumes Klopfen auf. Bei höheren Verdich-

[4]) W a w r z i n i o k, Die Prüfung der Kraftstoffe durch Siedeanalyse. Mitt. d. Inst. f. Kraftfahrwesen Bd. 6 S. 57.
[5]) Als Verbindungsglied zwischen dem oberen und unteren Heizwert ist die Verbrennungswärme des theoretisch gebildeten Wassers aus der Elementaranalyse berechnet.

tungsgraden dagegen muß man zur Vermeidung des Klopfens — abgesehen von Sondermitteln — dem Verbrennungsraum eine möglichst gedrängte Form geben, die am leichtesten bei Motoren mit im Zylinderkopf hängenden Ventilen zu erreichen ist. Nicht nur die Form des Verbrennungsraumes, sondern unter sonst gleichen Verhältnissen auch die Zündmomenteinstellung bestimmt die Neigung zum Klopfen. Während z. B. ein gegebener Motor bei Spätzündung nicht klopft, tritt das Klopfen bei Vorzündung um so stärker ein, je größer der Vorzündungswinkel ist.

Das Klopfen wird veranlaßt durch die Brenngeschwindigkeit der Ladung in den Zylindern; denn je größer bei normal, d. h. ohne Klopfen verlaufender Verbrennung, der Vorzündungswinkel ist, desto größer ist die Brenngeschwindigkeit und damit der mittlere Gasdruck. Den Beweis liefern die mittels eines besonders ausgestalteten Juhász-Indikators aufgenommenen Zeit-Druck-Diagramme in Abb. 1[6]). Sie lassen deutlich den Einfluß des Zündzeitpunktes erkennen. Während bei Spätzündung die Verbrennung 0,0082 s dauerte und der höchste Verbrennungsdruck 10 at abs betrug, dauerte die Verbrennung bei 35° Vorzündung nur 0,0062 s und der Verbrennungsdruck erreichte 22,3 at abs.

Wird daher ein Gemisch, das im niedrig verdichtenden Motor nicht klopfend verbrennt, in einem höher verdichtenden Motor benutzt, so kann von einem bestimmten Zündzeitpunkt ab oder sogar gleich, d. h. schon bei Spätzündung, das Klopfen einsetzen. Im letzten Fall ist kein wirtschaftlicher Betrieb möglich, im andern Fall entwickelt der Motor bei nicht zu großer Vorzündung trotz des Klopfens gute Leistung. Bei größerer Vorzündung läßt aber in der Regel die Leistung nach.

Die eigentliche Ursache des Klopfens ist noch nicht bekannt. Unsicher ist namentlich der Einfluß der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Kraftstoffe. Ohne Klopfen verbrennen selbst bei höchsten Verdichtungsgraden aromatische Kohlenwasserstoffe und Alkohole.

Hiervon ist das BV-Benzol des Benzolverbandes, Bochum, für den Motorbetrieb am meisten erprobt. Weniger geeignet sind die in Gasanstalten gewonnenen Benzole. Sie bilden manchmal bei der Verbrennung Schwefelsäure, welche Motorteile, insbesondre die Auspuffleitungen, angreifen kann.

Die Verbrennung von BV-Benzol verläuft, wie Abb. 2 erkennen läßt, bei gleichem Verdichtungsgrad langsamer als die von Benzin; noch langsamer verbrennen Gemische, die Alkohol enthalten, Abb. 3 und 4. Bei viel längeren Verbrennungszeiten liegen die Höchstdrücke der Verpuffung viel niedriger. Abb. 2 und 3 beweisen, daß die Betriebsverhältnisse von Motoren, die vorwiegend mit Benzin arbeiten, für Benzol und Alkohol ungünstig sind. Man kann sie verbessern, wenn man den Verdichtungsgrad erhöht. Allerdings „klopft" dann der Motor, wenn er wieder mit Benzin betrieben werden soll.

Hiernach scheint es zweckmäßiger, entweder die Motoren so zu bauen, daß sie bei Benzinbetrieb eine hohe, nur durch die Selbstentzündungstemperatur begrenzte Verdichtung zulassen, ohne zu klopfen, oder die Kraftstoffe den veränderlichen Verhältnissen der Motoren anzupassen[7]), d. h. bei niedriger Verdichtung Benzin zu verwenden und dieses bei höheren Verdichtungsgraden, bei denen „Klopfen" auftritt, mit Dämpfmitteln zu mischen. Hierfür kommen Benzol und Alkohol in Frage, abgesehen von chemischen Mitteln, unter denen in Deutschland das Eisenkarbonyl das bekannteste ist[8]). In Amerika benutzt man zu dem gleichen Zweck Tetraäthylblei, das aber die Abgase der Motoren in gewissem Maß gesundheitsschädlich macht.

Durch das Vermischen von Benzin mit Benzol oder mit Alkohol gelangt man zu den wichtigen M i s c h k r a f t s t o f f e n. Aus Abb. 4 ist z. B. zu ersehen, daß ein Zusatz von 30 vH Alkohol bei 35° Vorzündung die Verbrennungszeit von Benzin fast garnicht beeinflußt, daß aber der Alkoholzusatz eine Erhöhung des Höchstdruckes von rd. 24,8 auf 27 at abs ergibt. Das ist auffällig, da Alkohol nach Abb. 3 sehr schleichend verbrennt.

Spiritus, also wasserhaltigen Alkohol, dauernd mit Benzin in Mischung zu halten, bereitet Schwierigkeiten. Man kann zwar durch Zusätze, z. B. von Äthyläther, verhindern, daß sich die Stoffe bei den in Frage kommenden Temperaturen trennen, aber in der Praxis verbietet sich dieses Mittel, da Äther zu teuer ist. Heute verfügt nun die Reichsmonopolverwaltung für Branntwein über wohlfeile Verfahren zur Herstellung von wasserfreiem Alkohol. Sie ist dadurch in der Lage, durch Alkoholzusatz veredeltes Benzin „Monopolin" zu liefern.

Die Anwendbarkeit höherer Verdichtungsgrade ist nicht nur durch die Eigenschaften der Kraftstoffe, sondern auch durch die Bauart der Motoren begrenzt. Die höheren Verpuffungsdrücke und mittleren Kolbendrücke steigern die Flächendrücke im Kurbelgetriebe und die Beanspruchungen der Kurbelwellen. Man müßte also verschiedene Motorenteile verstärken, was das Gewicht der Motoren erhöht.

Den Einfluß des Verdichtungsgrades auf die Eigenschaften eines 35 PS-Daimler-Lastkraftwagenmotors bei Betrieb mit BV-Benzol zeigt Abb. 5. Der Motor lief dabei mit Verdichtungsgraden $\varepsilon = 6{,}1$; 6,4; 7,1; 7,65 und 8,0. Mit Erhöhung des Verdichtungsgrades bessern sich danach die Nutzleistung, das Drehmoment, der Kraftstoffverbrauch (b) und der thermische Wirkungsgrad. Dieses Verhalten bestätigte sich auch bei Betrieb mit andern Kraftstoffen, solange kein Klopfen auftrat. Die Versuchsergebnisse beweisen, daß es möglich ist, durch angemessene Erhöhung des Verdichtungsgrades Leistung und Wirtschaftlichkeit der Fahrzeugmotoren zu erhöhen.

Die Leistung der Motoren kann man allerdings auch dadurch erhöhen, daß man die Ladung, die bei den üblichen Vergasermotoren in die Zylinder gesaugt werden muß, mittels einer Auflade- oder Überladevorrichtung (Gebläse, Kompressor) unter Überdruck in die Motorenzylinder einbläst. Abb. 6 zeigt die Ergebnisse der Prüfung eines Mercedes-Personenwagenmotors von 6/25/38 PS mit Gebläse. Von rd. 1200 U/min ab hat die Gebläseaufladung eine wesentliche und mit der Drehzahl stark zunehmende Steigerung der Motorleistung zur Folge. Dieser Verlauf der Leistungssteigerung wird durch die Wirkungsweise des mit der Motorwelle gekuppelten Gebläses bedingt, dessen Förderleistung bei niedrigen Drehzahlen verhältnismäßig klein ist. Die neueren Motoren gestatten, auch im Bereich niedriger Drehzahlen die Leistung zu steigern.

Trotz dieser höheren Motorleistung bei gleich großen Zylindern ist der thermische Wirkungsgrad solcher Motoren nicht wesentlich besser als der der Ansaugmotoren, da sich der Motorbetrieb nur im Bereich höherer Drücke abspielt, ohne daß das nutzbare Druckgefälle durch die Aufladung größer wird. Der Motor verarbeitet während jedes Verbrennungshubes mehr Gemisch, ohne daß es, etwa durch höhere Verdichtung, besser aufgeschlossen wird.

Durch Aufladen oder Überladen der Motoren kann man daher den Kraftstoffmarkt nicht beeinflussen, obgleich das Arbeitsverfahren eine bessere Ausnutzung der Motoren ermöglicht. Die Aufladevorrichtung verteuert aber die Motoren, so daß mit ihrer größeren Verbreitung in Zukunft wohl nicht zu rechnen ist.

Zum überwiegenden Teil sind die in Deutschland erhältlichen Benzine aus Erdöl gewonnen. Das Rohöl wird dabei durch Destillation in mehrere Fraktionen zerlegt, von denen die leichteren zu Benzin weiterverarbeitet werden. Im Laufe des letzten Jahrzehntes ist es gelungen, von den früher nicht benutzten höhersiedenden Fraktionen einige in leichter siedende Benzine umzuwandeln. Durch die Einführung dieser Crackverfahren[9]) ist es gelungen, die Welterzeugung an Benzin aus derselben Menge Erdöl fast zu verdoppeln, ohne daß die mittlere Güte vermindert worden ist.

Neben Erdöl-Benzin fangen auch synthetische Benzine an, eine Rolle zu spielen. Außer der Umwandlung von Tieftemperaturteer in Benzin durch Hydrierung unter hohem Druck, sind die Verfahren der Kohlenverflüssigung

[6]) W a w r z i n i o k, Verbrennungsgeschwindigkeiten von Kraftstoff-Luftgemischladungen in Verpuffungsmotoren, Mitt. d. Inst. für Kraftfahrwesen Bd. 6 S. 7.
[7]) Siehe Anm. 3.
[8]) Benzin mit Zusatz von Eisenkarbonyl ist als „Motalin" im Handel.

[9]) Z. Bd. 69 (1925) S. 759.

Abb. 5
Einfluß des Verdichtungsgrades bei einem 35 PS-Daimler-Lastkraftwagenmotor; Betrieb mit BV-Benzol.

Abb. 6
Mercedes-Personenwagenmotor von 6/25/38 PS mit Gebläse.

Abb. 7
Kennlinien des MAN-Fahrzeug-Dieselmotors bei Volleistung.

zu nennen. Beim bekanntesten dieser Verfahren, von Bergius[10]), wird an die Kohle bei rd. 150 at und 450 bis 480° Wasserstoff angegliedert; dabei entstehen flüssige Brennstoffe, deren chemische Zusammensetzung derjenigen der natürlichen Benzine gleicht. Da beim Bergiusverfahren überdies Braunkohlen weiter aufgeschlossen werden können als Steinkohlen, und Deutschland sehr große Braunkohlenvorkommen besitzt, ist der Ausbau der Kohlenverflüssigung gerade für die deutsche Wirtschaft wichtig.

Der verstorbene Dr. Karl Goldschmidt, Essen, hat zusammen mit H. Brückmann die ungeheuren Geldmittel bereitgestellt, die notwendig waren, um die Bergiussche Erfindung in die Praxis zu übertragen. Da ferner die I. G.-Farbenindustrie das Verfahren übernommen und unter Ausnutzung anderer, den gleichen Endzweck verfolgender Verfahren, weiter ausgebaut hat, so darf man damit rechnen, daß dieser Zusammenfassung aller Erfahrungen bald ein Erfolg beschieden wird. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens im Großen soll selbst dann gesichert sein, wenn die Hochdruckgeräte große Abschreibungen notwendig machen sollten. Ende November 1927 soll sich die Ausbeute bereits auf 650 bis 700 kg Öl aus 1000 kg Kohle belaufen haben. Allerdings ist nicht zu ersehen, welche Anteile davon auf Leichtöl, schwere Öle, sowie auf Schmieröle entfallen.

Der Ausbau der ersten Großanlage geht nur langsam vorwärts, so daß auch die heute erzeugten Mengen den deutschen Benzinmarkt nicht merkbar beeinflussen[11]). Jedenfalls besteht die Aussicht, in absehbarer Zeit einen großen Teil des eingeführten Benzins durch synthetisch hergestelltes zu ersetzen und daneben vielleicht auch ebenso erzeugte Schmieröle auf den Markt zu bringen.

Vorbedingung ist jedoch, daß die neuen Erzeugnisse den Verbrauchern in gleicher Güte und mindestens zu denselben Preisen zugeführt werden wie die natürlichen. Hiernach hätten wir in Deutschland auch keine Kraftstoffnot mehr zu befürchten, und zwar selbst dann nicht, wenn man dem Benzin zum Klopffestmachen statt Benzol Alkohol zusetzen müßte.

[10]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1313.
[11]) Ende 1928 soll eine Monatsleistung von 12 bis 15000 t erreicht werden.

Andre Kraftstoffe

Während die in den Vergasern hergestellten Nebel der leichten Kraftstoffe beim Anlassen selbst bei kalten Zylinderwänden meist sofort kräftig zünden, liegen bei den Schwerkraftstoffen die Verhältnisse ungünstiger. Infolge ihrer hohen Siedetemperatur und ihrer geringen Dampfspannungen, schlagen sich sogar in zweckmäßig gestalteten Ansaugleitungen selbst gut zerstäubte Nebel dieser Kraftstoffe nieder und fließen zum Vergaser zurück oder an den Zylinderwänden entlang unter den Kolben und von da in das Kurbelgehäuse der Motoren, wo sie das Schmieröl verdünnen können, so daß die Schmierung gefährdet wird. Schwerkraftstoffe lassen sich deshalb auch in üblichen Vergasermotoren nur schwierig verarbeiten. Möglich ist es aber; denn während des Weltkrieges wurden manche Verfahren dieser Art angewendet. Auch später hat man versucht, die billigeren Schwerkraftstoffe in Vergasermotoren zu benutzen[12]).

Neuerdings ist man dagegen von der Verwendung dieser billigen Kraftstoffe in Vergasermotoren wieder abgekommen, da die Ersparnisse nicht die Unannehmlichkeiten aufwiegen, die der Betrieb mit sich bringt. Dasselbe gilt für die Benutzung des festen Naphtalins, das man allerdings auch schon durch Hydrierung in das flüssige Tetra-Hydronaphtalin oder Tetralin umgewandelt und als Kraftstoffzusatz verwendet hat.

Ähnlich ist es in Deutschland mit dem Gasbetrieb[13]). Das hohe Gewicht der Gaserzeuger (Gasgeneratoren und Azetylenentwickler) oder der Stahlflaschen, in denen das Gas mitgeführt werden muß, behindert den Betrieb, selbst wenn man Gas und flüssigen Brennstoff gleichzeitig verwendet.

Die heute im Handel erhältlichen Motorenbenzole sind nicht reines Benzol, C_6H_6, sondern mit höheren Homologen, z. B. Toluol und Xylol, vermischt. Reinbenzol, das bei rd. 80° verdampft, ist kein geeigneter Motorkraftstoff. Es ergibt infolge zu schleichender Verbrennung keine gute Motorleistung und setzt außerdem Ruß in den Zy-

[12]) Wawrziniok, Die Beurteilung der Schmiermittel für Kraftfahrzeuge, Mitt. d. Inst. f. Kraftfahrwesen Bd. 1 S. 49. Die Beeinflussung des Schmieröles der Fahrzeugmotoren durch den zum Betrieb verwendeten Kraftstoff, a. a. O. Bd. 2. S. 7, 15, 65.
[13]) Wawrziniok, Fahrzeugmotorenbetrieb mit flüssigen Kraftstoffen und mit Azetylenzusatz, a. a. O., Bd. 1 S. 71, Versuche mit spiritus- und alkoholhaltigen Motorkraftstoffen, a. a. O., Bd. 4 S. 21.

lindern ab. Ähnlich verhalten sich die sogenannten Handelsbenzole.

Im Gegensatz zum Benzinbetrieb muß beim Betrieb mit Benzol das theoretisch richtige Verhältnis von Kraftstoff zu Verbrennungsluft möglichst genau eingehalten, d. h. der Vergaser sorgfältig eingestellt werden, damit Zylinder und Zündkerzen nicht verrußen. Da außerdem das Lösungsvermögen von Benzol für Wasser mit steigender Temperatur zunimmt, treten, insbesondere bei niedriger Temperatur, gelegentlich abgeschiedene Wassertropfen in den Vergasern oder den Rohrleitungen auf, welche die Zufuhr hemmen. Es empfiehlt sich deshalb, das Benzol vor dem Einfüllen in den Behälter des Kraftwagens absetzen zu lassen und es beim Einfüllen durch ein saugfähiges Filtertuch zu gießen. Überdies soll der Kraftstoffreiniger vor dem Vergaser häufiger abgelassen werden.

Vor der Verwendung andrer Kraftstoffe, insbesondre mancher schlecht gereinigten Benzole aus Gasanstalten und von Benzol mit Phenolgehalt, ist wegen ihrer Eigenschaft, Metalle chemisch anzugreifen, zu warnen. Aber auch motorisch gute Kraftstoffe greifen die Blechwand der Kraftstoffbehälter an. Wenn sie keine freien Säuren enthalten, so begünstigt das Wasser solche Abrostungen. Bei Versuchen wurden selbst verbleite und verzinkte Stahlbleche angegriffen; nur im Feuer verzinnte Bleche zeigten keinen oder nur unwesentlichen Angriff[14]). Sobald die Behälter soweit angegriffen sind, daß das Metall innen abblättert oder sich gallertartige Ablagerungen bilden, treten beim Motorbetrieb Anstände auf, da diese Stoffe die Kraftstoffleitungen verstopfen. Man muß dann Behälter und Rohrleitungen häufiger reinigen und darauf achten, daß die Behälter nicht ganz durchrosten.

Schwerkraftstoffe

Motoren, die man mit schweren Kraftstoffen betreiben kann, haben unter andern die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, die Daimler-Benz-A.-G., der Maybach-Motorenbau, Friedrichshafen, die Firma Robert Bosch, A.-G., Stuttgart (Acromotor), sowie die Firma Junkers-Motorenbau, Dessau, entwickelt. Alle Dieselmotoren arbeiten derart, daß sie während des ersten Hubes nur Luft ansaugen, dann während des zweiten Hubes die Luft bis zu rd. 35 at abs verdichten und gegen Ende des Hubes den Kraftstoff unter 60 bis 300 at abs, beim Junkersmotor rd. 700 at abs, fein zerstäubt einspritzen. In der stark erhitzten Luft entzündet sich der Kraftstoff von selbst. Es folgt dann bei vorwärtsgehendem Kolben Verbrennung unter gleichbleibendem Druck während der ganzen Einspritzzeit und teilweise noch darüber hinaus.

Große Schwierigkeiten bei dieser Betriebsweise bereitet das Zuteilen und Zerstäuben des Brennstoffes, da man einen winzigen Brennstofftropfen, und dazu noch wechselnder Größe, mit einer verhältnismäßig großen Luftmenge zu mischen hat. Man verwendet hierfür ziemlich verwickelte Pumpen und Düsen, die sehr feine Zerstäubung des Brennstoffes ohne Nachtropfen gewährleisten. Die Schwierigkeit des Problems beruht auch darin, daß bei dem schnellen Lauf dieser Motoren für den Einspritzvorgang nur sehr kurze Zeiten zur Verfügung stehen und daß man die Leistung des Motors durch Ändern der Einspritzmenge und des Beginns der Einspritzung regeln muß.

Gegenüber den Vergasermotoren haben die Dieselmotoren mancherlei Vorteile, insbesondere die Verwendbarkeit der billigeren und weniger feuergefährlichen Schweröle und den besseren thermischen Wirkungsgrad. Nachteilig ist das um 20 vH höhere Gewicht sowie der meist unwirtschaftliche Betrieb bei niedrigeren Drehzahlen[15]).

Im städtischen Omnibusbetrieb von Freiberg, Sa., haben sich Dieselmotoren schon gut bewährt. Ursprünglich liefen dort zwei MAN-Omnibusse ein Jahr zur Probe. Sodann wurden zwei weitere Omnibusse eingestellt[16]).

Jedes dieser vier Fahrzeuge hat während des letzten Jahres im Mittel 50 557 km zurückgelegt. Dabei wurden 10 610 kg Gasöl für 2550 *RM*, oder 0,24 *RM*/kg verbraucht, das sind 0,209 kg/km, oder 0,0504 *RM*/km. Das ist für einen städtischen Omnibusbetrieb, bei dem häufig angehalten und wieder angefahren werden muß, sehr wenig.

Gegenüber dem Vergasermotor ist der Verbrauch des Dieselmotors, s. Abb. 7, erheblich geringer. Das kommt im thermischen Wirkungsgrad zum Ausdruck, der zwischen 600 und 1150 U/min beim Dieselmotor zwischen 0,3 und 0,325, beim Vergasermotor zwischen 0,262 und 0,255 wechselt. Der Betrieb solcher Motoren ist daher nicht nur wegen des billigeren Schweröles, sondern auch wegen der besseren Wirtschaftlichkeit des Arbeitsverfahrens billiger.

Am meisten verwendet man hierfür G a s ö l e, eine zwischen 250° und 350° übergehende Fraktion des Rohöls. Im Gegensatz zu den leichten Kohlenwasserstoffen sind die Gasöle mehr bräunlich oder gelblich gefärbt und haben meistens etwas unangenehmen Geruch. Gasöle haben das verhältnismäßig hohe spezifische Gewicht von $\gamma = 0{,}833$, ihr oberer Heizwert ist fast ebenso hoch wie der des Stellins in Zahlentafel 1. Die Siedegrenzen liegen dagegen erheblich höher. Der geringe Sättigungsdruck dieses Öles reicht aber nicht zur Herstellung beständiger Nebel im Vergaser aus. Beim Betriebe von Dieselmotoren kommt das Vernebeln außerhalb des Motors nicht in Frage. Nachteilig ist allerdings der stechende Geruch des Auspuffs, eine Folge der häufig unvollkommenen Verbrennung, die man, ohne z. B. Leichtöle oder Gas oder dergl. beizumischen, nicht beseitigen kann. [B 2169]

[14]) W a w r z i n i o k, Die Kraftstoffbehälter der Kraftfahrzeuge und die zu ihrer Herstellung geeigneten Werkstoffe, Mitt. d. Inst. f. Kraftfahrwesen, Bd. 3 S. 26, Ergebnisse von Versuchen zur Feststellung der Korrosion an Metallblechen durch Motorenkraftstoffe, a. a. O. Bd. 4 S. 45.

[15]) Vergl. a. S. 1569 dieses Heftes.

[16]) Neuerdings sind weitere Omnibusse mit Junkers-Motoren bestellt worden.

Diesellokomotiven für Werkbahnen

Die großen amerikanischen Stahlwerke sind im Begriff, ihre ausgedehnten werkeigenen Bahnen mit Diesel-Lokomotiven zu betreiben. Bei den Werken der American Rolling Mill Co., Ashland, und bei der Donner Steel Co., Buffalo, sind Diesel-Werklokomotiven von 300 PS und 600 PS in Betrieb. Ein Sechszylinder-Viertaktmotor mit mechanischer Druckzerstäubung ist mit dem Stromerzeuger unmittelbar gekuppelt. Die Antriebmotoren sitzen auf den Achsen. Man hat also auch hier, wie allgemein in Amerika, die elektrische Kraftübertragung bevorzugt.

Für Geschwindigkeiten unter 8 km/h werden die Motoren in Reihe, für höhere Geschwindigkeiten parallel geschaltet. Die bisherigen Betriebsergebnisse sind sehr gut und haben gezeigt, daß sich die Diesellokomotive für geringe Fahrgeschwindigkeiten bewährt. („The Iron Age“ 11. Oktober 1928 S. 895*) [N 2199] Ro.

Die Zunahme des Autobusverkehrs in Amerika,

verbunden mit einem merklichen Rückgang der elektrisch betriebenen Verkehrsmittel, geht aus einem Bericht von 32 amerikanischen Straßenbahngesellschaften hervor. Demnach ist in deren Bereich die Zahl der Autobusse von 368 im Jahre 1922 auf 3878 im Jahre 1927 gestiegen, befördert wurden in dem letzten Berichtsjahre rd. 400 Mill. Personen. Die Netzlänge der betriebenen Bahnen ist in der gleichen Zeit von 48 390 km auf 44 780 km zurückgegangen. („Automotive Industries“ 29. September 1928 S. 462) [N 2198] Ro.

Geschweißte Steuerstangen für Kraftwagen

Man wendet heute u. a. auch den elektrischen Lichtbogen, der innerhalb eines Wasserstoffstromes brennt[1]), zum Schweißen von Steuerstangen für Kraftwagen an. Die Rohre haben 3 mm Wanddicke und 51 mm äußeren Dmr. An jedem Rohrende wird ein genieteter Schaft mit dem Bund an das Rohr stumpf angeschweißt. Bei Verdrehungsbeanspruchungen brach das Rohr und nicht die Schweißstelle. Das elektrische Schweißverfahren unter reinem Wasserstoff hat daher wegen der hohen Festigkeit der Schweißstelle, die außerdem frei von Oxydeinschlüssen ist, im praktischen Betrieb das Lichtbogen-Schweißverfahren verdrängt. („The Iron Age“ 11. Oktober 1928 S. 883)

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 753.

Untersuchungen zur Dynamik des Zündvorgangs[1]

Von Dr.-Ing. Otto Klüsener, Hannover

(Aus dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und technische Wärmelehre der Technischen Hochschule Hannover)

In einem zylindrischen Explosionsgefäß wird ein Heptan-Luftgemisch entzündet und der Druckverlauf mittels eines optischen Indikators in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Die aufgezeichneten Druckkurven ermöglichen einen Nachweis über die Form der Flammenfront; sie lassen den Einfluß der Wirbelung erkennen und zeigen den Übergang von der Zündung durch Wärmeleitung zu der durch Druckwelle. Es wird versucht, eine Erklärung für diesen Übergang zu geben.

Seitdem Mallard und Le Chatelier bei ihren Untersuchungen über die Verbrennung gasförmiger Gemische die Unterschiede der Flammenausbreitung — durch Wärmeleitung oder durch Druckwelle — entdeckt haben, sind beide Gegenstand vieler Forschungen geworden. Die für die Druck- oder Detonationswelle maßgebenden Gesetzmäßigkeiten sind weitgehend geklärt, soweit sie die Zeit nach Erreichen des „quasistationären" Zustandes, also konstanter Ausbreitgeschwindigkeit, und eindimensionale Fortpflanzung betreffen. Hingegen bedurfte die Entstehung der Druckwelle noch weiterer Klärung. Die meisten Forscher erzeugten sie in den mit brennbarem Gemisch gefüllten Rohren durch kräftige Initialzündung. Wie Mallard, Le Chatelier und Dixon zeigten, kann die Druckwelle sich aber auch nach kurzem „Anlaufweg" aus der ersten Art der Flammenausbreitung — der durch Wärmeleitung — entwickeln.

Die Frage nach den Ursachen dieses Übergangs von der einen Art zur anderen ist von großer praktischer Bedeutung für den Zündvorgang in der Vergasermaschine, bei der sich die Druckwelle unter Umständen als „Klopfen" bemerkbar machen kann. Zu ihrer Klärung sind zahlreiche Untersuchungen angestellt worden, teils an der Maschine, um festzustellen, welchen Einfluß die Zusammensetzung des Gemisches, die Verdichtung usw. auf die Neigung zum Klopfen oder dessen Stärke haben, teils durch Explosionen in geschlossenen Gefäßen, um die Entstehung der Druckwelle aufzuklären. Die Vorbedingungen hierfür konnten diese Versuche in weitem Umfang festlegen; doch fehlte die restlose Erklärung der Vorgänge. Eines der Ziele der vorliegenden Arbeit ist der Versuch, diese Lücke zu schließen.

Zunächst ist es erforderlich, den Zustand der verbrannten und unverbrannten Schichten am Ende des Anlaufweges kennenzulernen, wozu sich Zündversuche in geschlossenen Explosionsgefäßen am besten eignen. Zu diesem Zwecke mußte ein Indikator entwickelt werden, der mit genügender Genauigkeit den Punkt in der Druckkurve angibt, bei dem die Druckwelle entsteht.

Untersuchungen über die Flammenfortpflanzung durch Wärmeleitung wurden ebenfalls zum großen Teil in geschlossenen Gefäßen durchgeführt, und zwar in kugelförmigen oder in zylindrischen Gefäßen vom Verhältnis Durchmesser : Höhe = 1, deren Form also der Kugel angenähert ist. Demgegenüber schien es von Interesse, auch einmal die Fortpflanzung der Flammenfront in einem Gefäß zu untersuchen, dessen Form erheblich von der Kugel abweicht. Ist die Annahme der kugelförmigen Ausbreitung richtig, so muß sich der Verlauf der Drucklinie in dem Augenblick ändern, in dem die von der Zündstelle ausgehende „Verbrennungskugel" die Wand berührt und die Zündung annähernd eindimensional fortschreitet. In der Tat zeigen die Diagramme eine Form, die mit Sicherheit die bisher angenommene Art des Fortschreitens der Flammenfront nachweist.

[1]) Auszug aus der im Forschungsheft Nr. 309 erscheinenden Arbeit.

Zündflansch

Heizwicklung

Explosionsgefäß

Abb. 1
Explosionsgefäß.

I
II
III
IV
V
DW207

Abb. 2
Einrichtung für Zündungen in verschiedener Höhe.

Die Versuchseinrichtung

Das Explosionsgefäß, Abb. 1, hat 150 mm Dmr. und rd. 310 mm Höhe. Soll die Form des Verbrennungsraumes der einer Kugel angenähert werden, so wird die untere Hälfte des Gefäßes durch ein Einsatzstück ausgefüllt. Bei Versuchen mit Wirbelung des Gemisches im Explosionsgefäß erzeugt ein elektrisch angetriebenes Gebläse Strömungen von beliebiger Stärke. Der Zündstrom wird mittels einer in den Zündflansch eingeschraubten Bosch-Kerze zugeführt. Die Mittelelektrode dieser Kerze ist angebohrt; in die Bohrung ist ein Kupferdraht eingeschraubt, von dessen Spitze der Zündfunke zu einem andern Draht überspringt, der selbst mit der Masse verbunden ist. Durch Verwendung von verschieden langen Drähten kann man die Zündung in beliebiger Höhe des Gefäßes einleiten. Vorgesehen waren fünf Zündstellen, s. Abb. 2.

Zum Aufzeichnen des Drucks im Explosionsgefäß dient ein optischer Indikator, Abb. 3, der alle erforderlichen Linien und den Zündpunkt unmittelbar auf photographisches Papier schreibt. Die Drucklinie zeichnet ein von der Indikatorlampe kommender Lichtstrahl, der an dem Indikatorspiegel zurückgeworfen wird und das auf eine umlaufende Trommel gespannte Bromsilberpapier trifft.

Der Spiegel ist drehbar aufgehängt. Wenn er seine Neigung ändert, wandert der Lichtstrahl auf der Trommel. Die am untern Rande des Spiegels eingehängte Feder sucht den Spiegel vornüber zu ziehen — also so, daß der Lichtpunkt nach unten ausweicht. Sie kann das in dem Maß, als sich der Kolben des Indikators unter dem Einfluß des Drucks im Explosionsgefäß hebt und die Stabfeder sich durchbiegt. Spiegel und Kolben sind durch einen Zugdraht verbunden. Zur Abdichtung des Verbrennungsraumes ist zwischen diesem und dem Kolben eine Stahlmembran von rd. 0,1 mm angebracht.

Zur Zeitmessung diente eine elektromagnetisch angetriebene Stimmgabel, Abb. 4. Auf ihrem Ende ist der Zeitschreiber, ein U-förmiger Blechwinkel mit durchbohrten Schenkeln, angebracht. Ein von der Zeitmeßlampe kommender Lichtstrahl zeichnet beim Schwingen der Stimmgabel eine sinusförmige Linie. Die Stimmgabel macht 66,6 Schwingungen in der Sekunde, eine Schwingung dauert also 0,015 s.

Der Zündstrom fließt zum Zündflansch, springt an den Spitzen der Zünddrähte über und dann zur Masse. Außerdem wird er isoliert durch die Wand der Indikatortrommel geführt, springt von der Spitze der Zu-

Abb. 3
Indikator.

Abb. 4
Zeitmeßvorrichtung.

führungsschraube auf die Trommel — und damit ebenfalls zur Masse — über und durchschlägt dabei das Bromsilberpapier. Das Diagramm zeigt an dieser Stelle einen fast kreisrunden Fleck von 6 bis 8 mm Dmr. mit einer feinen Bohrung in der Mitte. Der Zündpunkt ist auf diese Weise genau festgelegt. Der Zündfunke springt an einer Stelle zur Trommel über, die gegen den die Drucklinie schreibenden Lichtstrahl versetzt ist. Beim Auswerten der Diagramme muß er also um 95 mm vorverlegt werden. Abb. 5 zeigt die Gesamtanordnung der Versuchseinrichtung.

Die Fortpflanzung der Zündflamme

Die Frage, wie es zu erklären ist, daß in einem brennbaren Gemisch die Zündung durch Wärmeleitung in eine Zündung durch Druckwelle übergeht, hat man dahin beantwortet, daß die unverbrannten Schichten in der Wellenfront auf Selbstzündungstemperatur erhitzt werden. Bei Vergasermaschinen wird diese Temperatur durch geringe Drucksteigerung über den Enddruck der Verdichtung erreicht, da das Gemisch schon vor der Zündung hoch erhitzt ist.

Aber, wie schon Mallard und Le Chatelier sowie Dixon feststellten, eine Detonationswelle entsteht auch in einem Gemisch von Zimmertemperatur. Nach Mallard und Le Chatelier genügt der Verdichtungsdruck hier nicht zum Erreichen der Selbstzündungstemperatur. Sie schreiben: „Ein Wasserstoff-Sauerstoff-Knallgasgemisch entzündet sich bei 550 °, und der bei Verbrennung im geschlossenen Gefäß erreichte Druck beträgt 10 at. Eine unendlich kleine durch Erhitzung entflammte Schicht erreicht höchstens diesen Druck und kann auf die benachbarte nicht entzündete keinen höheren Druck ausüben. Ein Druck von 10 at genügt nicht, um die Temperatur auf die Entflammungstemperatur zu steigern, dazu wäre eine Verdichtung auf rd. 30 at erforderlich. Unter diesen Bedingungen scheint die Verdichtungswelle nicht entstehen zu können."

Dabei ist also vorausgesetzt, daß sich der im Augenblick der Verbrennung einer Schicht entstehende Druck sofort mit dem Rest der Ladung zu einem Mischdruck ausgleicht. Diese Annahme scheint aber nicht ganz richtig. Es ist denkbar, daß ein örtlicher Druck von mehr als — wie angegeben — 10 at entsteht. Angenommen, eine Schicht v_1 verbrenne sehr rasch, so daß ihr Druck auf p_1 steigt. Dieser Druck ist höher als der Druck p des Restes der Ladung. Das Sinken von p_1 auf p bedingt eine Vergrößerung des Volumens v_1, die eine gewisse Zeit erfordert.

Maßgebend für den Druck von v_1, der sich einstellt, bevor eine merkbare Vergrößerung des Volumens eintritt, ist dann offenbar die Zeit, die der vollständige Umsatz in die Verbrennungsprodukte vom Augenblick der Entflammung ab verlangt, also die Reaktionsgeschwindigkeit. Verbrennt die Schicht langsam, so hat sie während der Verbrennung und Drucksteigerung Zeit, sich auszudehnen, der Druck steigt also nicht über den der Umgebung. Ist dagegen die Reaktionsgeschwindigkeit unendlich groß, so ist zur Expansion keine Zeit verfügbar; der erreichte Druck (der natürlich nur einen Augenblick herrscht) steigt also so hoch, wie wenn die Schicht bei konstantem Volumen verbrannt wäre.

Der wirkliche Druck liegt zwischen den beiden Grenzen. Je höher die Umsatzgeschwindigkeit, desto

Abb. 5
Gesamtanordnung der Versuchseinrichtung.

mehr nähert sich die Verbrennung der Gleichraumverbrennung und umgekehrt.

Wir greifen nun bei Zündung im geschlossenen Gefäß zwei nebeneinanderliegende Schichten a und b heraus, von denen a gerade infolge Wärmeleitung gezündet werden möge. Der Druck im Gefäß sei bereits vor p_0, dem Anfangsdruck, auf p_z gestiegen, die Temperatur der unverbrannten Teile der Ladung von 0 auf t_z. Bei großer Reaktionsgeschwindigkeit steigt dann der Druck von a auf einen Wert p_1, der höher ist, als der Mischdruck am Schluß der Verbrennung im ganzen Gefäß — also z. B. der von Mallard und Le Chatelier angeführte Druck von 10 at. Dadurch erfährt die Schicht b eine Verdichtung und eine Drucksteigerung $\varphi \frac{p_1}{p_z}$, wobei $\varphi < 1$.

Die Temperatur der Schicht b steigt infolgedessen noch weiter. Erreicht sie die Selbstzündungstemperatur, so ist offenbar die Druckwelle eingeleitet, da die Bedingungen für die Detonation in den nächsten Schichten noch günstiger liegen. Der Unterschied zwischen Gemischtemperatur und Selbstzündungstemperatur ist geringer, die Reaktionsgeschwindigkeit wird bei höherer Temperatur und Konzentration noch größer — wir haben also zu erwarten, daß die Druckwelle allmählich in die normale Detonation übergeht, vorausgesetzt, daß sie die Wände nicht vor dem Ende des Anlaufweges erreicht.

Bei der Entstehung der Druckwelle in Röhren liegen die Verhältnisse ähnlich. Bei sehr langen Röhren unterscheidet sich die Verbrennung zunächst nicht sehr von der im geschlossenen Gefäß. Die lange Luftsäule dient gewissermaßen als Abschluß. Bei kurzen Röhren, die nur an einem Ende geschlossen sind, entsteht die Detonationswelle nur, wenn man am offenen Ende zündet. Das ist leicht erklärlich; bei Zündung am geschlossenen Ende kann die unverbrannte Ladung leicht entweichen, so daß sie nicht wesentlich verdichtet wird.

Die wirklichen Vorgänge spielen sich nicht so einfach ab. Auch in geschlossenen Gefäßen entstehen Bewegungen in der Gasmasse; der Druck der unverbrannten Schicht ist nicht überall gleich groß, Druckwellen werden von der Wand zurückgeworfen, kurz, der genauen mathematischen Behandlung des Problems stehen große Schwierigkeiten entgegen. Sie ist überdies zwecklos, solange die wahre Reaktionsdauer nicht bekannt ist.

Ich habe mich daher darauf beschränkt, an dem Idealfall der Verbrennung im geschlossenen Gefäß festzustellen, welche Größenordnung etwa die auftretenden Drücke und Temperaturen haben, wenn man annimmt, daß jede Schicht bei konstantem Volumen verbrennt und sich dann mit dem Rest der Ladung ausgleicht. Abb. 6 zeigt das Ergebnis der Rechnung, der eine Verbrennung im kugelförmigen Raum zugrunde liegt. Der Halbmesser dieses Raumes ist in zehn gleiche Teile geteilt, so daß zehn Schichten von verschiedenem Inhalt nacheinander verbrennen. Der Anfangsdruck beträgt 1 at abs, die Anfangstemperatur 0°. Die Anordnung der Werte von p, t_r und p_a bleibt für Verbrennung in nicht kugelförmigen Gefäßen die gleiche. An der Hand der gefundenen Werte und der Versuchsergebnisse kann man prüfen, ob Annahme und Wirklichkeit genügend übereinstimmen.

Die große Bedeutung der Reaktionsgeschwindigkeit, die W e n d l a n d t[2]) für die Grenze der Detonationswelle festgestellt hat, besteht also im selben Maß auch für ihre Entstehung. Es ist möglich, daß ein Gemisch trotz niedriger Selbstzündungstemperatur nicht detoniert, wenn die Reaktionsgeschwindigkeit zu klein ist, während, umgekehrt, die Zündung durch Wärmeleitung selbst bei höherer Zündtemperatur, bei genügend hoher Umsatzgeschwindigkeit, in eine Druckwelle übergehen kann.

Die Form der Flammenausbreitung

Um aus dem Verlauf der Drucklinien Rückschlüsse auf die Form der Flammenausbreitung ziehen zu können, nehmen wir an, der Überdruck im Gefäß sei jeweils der bisher verbrannten Ladung proportional. Für die Drucklinie bei Zündung an den fünf Stellen von Abb. 2 muß sich dann folgendes Bild ergeben:

[2]) Z. f. angewandte Chemie Bd. 116 (1925) S. 227.

Zündstelle III, Abb. 7: Zunächst Ausbreiten der Flamme in Kugelform, also Druckanstieg nach kubischer Parabel. Nach Auftreffen der Flammenfront auf die Wand Fortschreiten nach oben und unten annähernd eindimensional, und zwar um so mehr, je weiter der Abstand von der Zündstelle wächst. Beide Formen des Fortschreitens gehen allmählich ineinander über.

Falls sich die Zündgeschwindigkeit nicht stark ändert, muß der „Knick“, d. h. das Stück der Drucklinie, in dem sich die Richtung ändert, etwa in der Mitte zwischen Zündpunkt und Ende der Verbrennung liegen, da $r \approx \left(\frac{h}{2} - r\right)$.

Zündstellen II und IV, Abb. 8: Drucklinie bis zum Knick gleich der früheren. Danach aber flacheres Ansteigen der Drucklinie, da die Flammenfront nur in einer Richtung (bei II nach unten, bei IV nach oben) fortschreitet, während sie bei III nach oben und unten wanderte. Der Knick rückt etwa auf ⅓ des Gesamtweges an den Zündpunkt heran, da $h - 2r$ etwa doppelt so groß wie r ist.

Zündstellen I und V, Abb. 9: Anstieg zunächst wieder nach einer Parabel, aber halb so stark wie bisher, da

Abb. 6
Verbrennung im kugelförmigen Raum (berechnet).

jetzt Verbrennung nur in Halbkugel. Weiterer Druckanstieg etwa wie bei II und IV. Der Knick liegt etwa auf ¼ der gesamten Drucklinie, da $h - r$ etwa dreimal so groß wie r ist.

Die Diagramme, Abb. 10 bis 14, zeigen mit großer Schärfe den Knick in der Drucklinie. Ob die für seine Entstehung angegebene Ursache richtig ist, kann man sehr einfach nachprüfen: Wird die untere Hälfte des Explosionsgefäßes durch einen Einsatz ausgefüllt (VI), so nähert sich der verbleibende Verbrennungsraum der Kugel. Der Knick muß dann verschwinden. Wand, Deckel und Boden werden von der Flammenfront gleichzeitig erreicht; dann brennen die Ecken bei starker Abnahme der in der Zeiteinheit zugeführten Energie aus. Die Drucklinie muß also einen abgerundeten Übergang in die Abkühlungslinie aufweisen. In der Tat zeigt Abb. 15 diese aus früheren Versuchen bekannte Form der Drucklinie.

Bei gleichbleibender Zündgeschwindigkeit und unter der vereinfachenden Annahme, daß keine Bewegung in der Ladung auftrete, müßten die Drucklinien etwa wie in Abb. 16 verlaufen. Unter Berücksichtigung unvermeidlicher Abweichungen, deren Besprechung hier übergangen werden möge, ist die Übereinstimmung zwischen den auf gleichen Zeitmaßstab umgezeichneten Diagrammen (Abb. 17) und den Linien von Abb. 16 genügend groß. Der gleiche Charakter der Druckkurven ist zum mindesten nicht zu verkennen. Der Knick stellt sich in allen Diagrammen etwas später ein, als bei den berechneten Linien. Linien II, III und IV sollten bis zum Knick zusammenlaufen. Sie weichen in-

Abb. 7
Zündung bei Zündstelle III.

Abb. 8
Zündung bei Zündstelle II und IV.

Abb. 9
Zündung bei I und V.

dessen nicht erheblich voneinander ab, der Knick liegt bei allen etwa bei 0,05 s. Eine Streuung der Diagramme ist durch unvermeidliche Unterschiede im Zustand vor der Verbrennung zu erklären, wie auch Linien II und IV nicht zusammenfallen.

Bei der zweiten Versuchsreihe handelt es sich darum, den Einfluß der Wirbelung festzustellen, der für den Zündvorgang in Vergasermaschinen von Bedeutung ist. Wie schon an andrer Stelle[8]) „über den Zündvorgang in der Vergasermaschine", ausgeführt, genügen die bei Verbrennungen in Explosionsgefäßen ermittelten Zündgeschwindigkeiten nicht, um bei raschlaufenden Motoren die Verbrennung der gesamten Ladung in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit sicherzustellen, wenn sich die Flamme nur durch Wärmeleitung fortpflanzt. Es erhob sich die Frage, ob die Größenordnung der Zündgeschwindigkeit durch Wirbelung erhöht wird.

Zu ihrer Klärung dienten Versuche mit dem gleichen Gemisch bei Strömungen in der Ladung, deren Stärke durch Änderung der Gebläsedrehzahl geändert wurde. Für die Stärke der Wirbelung gibt es kein Maß, so daß die Angaben „geringe, mittlere, starke" Wirbelung genügen müssen. Bei Einblasen von Dampf in das geöffnete Explosionsgefäß zeigte sich bei „geringer" Wirbelung eine kaum sichtbare Strömung, bei „starker" ein heftiges Durcheinanderströmen der Ladung. Gezündet wurde stets bei I.

Abb. 18 zeigt, daß die Art der Flammenfortpflanzung durch geringe Wirbelung kaum geändert wird; der Knick ist noch deutlich sichtbar. Die Gesamtdauer der Verbrennung wird gegenüber der bei ruhendem Gemisch nur unwesentlich verringert, und zwar von etwa 0,135 bzw. 0,143 auf 0,122 s. Bei mittlerer Wirbelung ist die Verbrennung schon nach 0,08 s beendet, Abb. 19. Der Charakter der Flammenfront hat sich schon wesentlich geändert. Gänzlich verschieden von dem bei ruhendem Gemisch ist er endlich bei starker Wirbelung, Abb. 20. Die Dauer der Verbrennung beträgt hier etwa 0,065 s. Die mittlere Zündgeschwindigkeit ist also ungefähr gegenüber der bei unbewegter Ladung verdoppelt. Ob das als eine Änderung der Größenordnung zu betrachten ist, scheint zweifelhaft. Jedenfalls genügt auch dann die Zündgeschwindigkeit noch nicht zur völligen Verbrennung der Ladung in raschlaufenden Motoren, so daß die Annahme der Zündung durch Druckwelle an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Es handelte sich schließlich noch um die Feststellung, wann die Zündung durch Wärmeleitung in die durch Druckwelle übergeht. Zu diesem Zweck wurde ein Heptan-Luftgemisch mit 30 vH Brennstoffüberschuß entzündet. Die

[8]) „Autotechnik" Bd. 17 (1928) Nr. 1 S. 12.

Abb. 16
Volumen der verbrannten Ladung bei Zündung an den verschiedenen Zündstellen.

Abb. 17
Diagramm von Abb. 10 bis 15 auf gleichen Zeitmaßstab umgezeichnet.

Abb. 10
Zündung bei I.

Abb. 11
Zündung bei II.

Abb. 12
Zündung bei III.

Abb. 13
Zündung bei IV.

Abb. 14
Zündung bei V.

Abb. 15
Zündung mit Einsatzstück (VI).

Abb. 18
Zündung bei schwacher Wirbelung.

Abb. 19
Zündung bei mittelstarker Wirbelung.

Abb. 20
Zündung bei starker Wirbelung.

Abb. 21

Abb. 22

Abb. 23

Abb. 21 bis 23
Zündungen durch Druckwelle.

Ladung verbrannte mit deutlich vernehmbarem Klopfen. Abb. 21 bis 23 zeigen in der Drucklinie einen zweiten Knick, der auf eine bedeutend erhöhte Zündgeschwindigkeit von diesem Augenblick an schließen läßt. An dieser Stelle scheint der Übergang zur Druckwelle zu liegen. Diese schreitet mit einer Geschwindigkeit von mehreren hundert m/s und noch schneller fort, so daß die Drucklinie nahezu senkrecht nach oben verlaufen müßte. Dabei ergäbe sich aber eine praktisch unendlich große Beschleunigung für die bewegten Indikatorteile, so daß diese nicht imstande sind, die Druckkurve in der geforderten Gestalt aufzuzeichnen. Weiterhin steigt nach allen bisherigen Erfahrungen der Druck hinter der Wellenfront einer Detonationswelle außerordentlich stark an, so daß die Spitze der Drucklinie viel höher liegen müßte, als sie tatsächlich liegt. Indessen herrscht dieser Druck nur eine so verschwindend kleine Zeit, daß er ebenfalls im Diagramm nicht sichtbar wird.

Wir können also mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß der zweite Knick im Diagramm auf die Entstehung der Druckwelle zurückzuführen ist. Es ist nun zu untersuchen, ob die oben gegebene Erklärung für das Einsetzen dieser Welle genügt. Wir betrachten zwei benachbarte unverbrannte Schichten, von denen die erste gerade von der Flammenfront erreicht wird. Beim Verbrennen der zweiten soll die Druckwelle einsetzen. Nach Abb. 22 herrscht in diesem Augenblick ein Druck von etwa 5,5 at abs. Nach Abb. 6 entspricht diesem Druck eine Temperatur der unverbrannten Ladung von 175 °C oder 448 ° abs. Die erste Schicht möge gemäß der oben gemachten Annahme bei gleichbleibendem Volumen verbrennen. Dann steigt, ebenfalls nach Abb. 6, ihr Druck auf 30,5 at abs. Würde die benachbarte Seite der zweiten Schicht auf diesen Druck

Abb. 24. Diagramme am Motor.
a Zündung *b* Einsetzen der Druckwelle
c Ende der Verbrennung

adiabatisch verdichtet, so würde ihre Temperatur entsprechend dem Verhältnis $\frac{30,5}{5,5} = 5,5$ auf das 1,63fache steigen. Also $T' = 448 \cdot 1,63 = 730$ ° abs oder $t' = 457$ °C.

Nach Messungen von T a u s z liegt der Zündpunkt von Benzin über 200 bis 300 °C, wobei der niedrigere Wert für höheren Druck gilt und umgekehrt. Wenn wir annehmen, daß der Zündpunkt des Heptans nicht stark von dem des Benzins abweicht, so sehen wir, daß unter den gemachten Annahmen die Zündtemperatur weit überschritten wird. Nun erreicht der Verbrennungsdruck der ersten Schicht nicht den Wert von 30,5 at abs, da die Reaktionsgeschwindigkeit nicht unendlich groß ist, und die benachbarte Seite der zweiten Schicht wird nicht auf den Verbrennungsdruck der verbrannten und expandierenden Schicht verdichtet, da sich deren Druck eben durch die Expansion vermindert. Die Temperatur t' erreicht also nicht den Wert von 457 °.

Wir müssen uns mit der Abschätzung der Größenordnung begnügen. Die theoretische Temperatur von 457 ° liegt ganz erheblich über der Zündungstemperatur, die sich bei der Extrapolation der Tauszschen Kurven zu etwa 200 ° ergibt, und damit scheint die angegebene Erklärung für die Entstehung der Druckwelle berechtigt.

Im Anschluß an die Versuche am Explosionsgefäß wurden Diagramme am Motor genommen, um festzustellen, ob auch dort ein Übergang von der Zündung durch Wärmeleitung zu der durch Druckwelle stattfindet.

In der Tat zeigen versetzte Diagramme auch hier einen Knick in der Drucklinie. In Abb. 24, die diese Diagramme schematisch wiedergibt, beginnt bei *a* die Verbrennung. Die Drucklinie steigt von da zunächst allmählich bis *b*, geht dann mit scharfem Knick steil nach oben. Die einsetzenden Schwingungen stören das Bild. Ohne sie würde der Endpunkt der Verbrennung etwa bei *c* liegen. Bemerkenswert ist, daß sich das gleiche Bild bei Zündungen mit und ohne Klopfen, ferner bei Verbrennung von Benzin oder von Benzol ergibt.

Diese Ergebnisse stützen meine Annahme, daß auch bei Zündungen ohne Klopfen eine Druckwelle die Verbrennung des gesamten Gemisches bewirkt, daß also die Art der Flammenfortpflanzung bei Zündungen mit und ohne Klopfen gleich ist. Es handelt sich bei beiden um einen Unterschied der Größe, nicht um einen der Art.

Zur weiteren Klärung der Vorgänge bei der Verbrennung werden Zündversuche am Explosionsgefäß mit andern Brennstoffen und unter veränderten Ausgangsbedingungen demnächst in Angriff genommen. [B 1655]

Reihenbau von Kraftwagen-Karosserien

Von Dir. H. Brand, Berlin-Johannisthal

Der Karosseriebau für Personenwagen hat infolge der in den letzten Jahren eingetretenen außerordentlichen Verbreitung des Kraftwagens so erhebliche Wandlungen durchgemacht, daß es angebracht erscheint, ihn in einer größeren Abhandlung näher zu beleuchten. Entwurf und Erzeugung von Holz-Stahl- und Ganzstahl-Karosserien werden eingehend beschrieben.

Der heftige Sturz der Preise für Kraftfahrzeuge nach dem Kriege hat im Verein mit dem Anwachsen der Erzeugung auch die Verfahren für die Fertigung der Karosserien von Grund auf geändert. Während früher die Aufbauten, den fast stets verschiedenen Wünschen der einzelnen Besteller Rechnung tragend, handwerkmäßig oder höchstens in ganz kleinen Reihen erzeugt wurden, sind heute auch in Deutschland Aufträge auf Tausende von Karosserien gleicher Bauart die Regel. Trotzdem hat sich das amerikanische Vorbild im Karosseriebau, streng genommen, vorläufig nach Deutschland nicht übertragen lassen. Die Käuferschicht, die in Deutschland auch für Kraftwagen mittlerer Preisklasse in Frage kommt, stellt im allgemeinen erheblich höhere geschmackliche Ansprüche und ist in vielen Fällen nicht bereit, reihenmäßig erzeugte Karosserien anzunehmen, auch wenn Auswahl in Farben und Stoffen geboten wird, sondern verlangt noch oft das Eingehen auf Sonderwünsche. Es ist deshalb nicht möglich, etwa 1000 Karosserien gleicher Lackierung und Polsterung für einen Großabnehmer hintereinander in Arbeit zu geben. Daß die Aufteilung der Reihe die Gestehungskosten erhöht, liegt auf der Hand.

Der amerikanische Karosseriebau hat es hier wesentlich leichter; denn ihm bleiben infolge des größeren Absatzgebietes erheblich höhere Stückzahlen, während er Einzelwünschen seiner Käufer längst nicht in dem gleichen Maße nachzugeben braucht. Der amerikanische Markt ist in der Aufnahme von Reihenerzeugnissen im allgemeinen williger als der deutsche Markt.

Da der deutsche Ingenieur die Verfahren und Einrichtungen seiner Erzeugung nicht in dem Verhältnis einfacher gestalten kann, wie die Erzeugung in Deutschland hinter der in Amerika zurückbleibt, so ist er gezwungen, die Arbeitsvorgänge, Werkzeuge und Vorrichtungen besonders sorgfältig durchzuarbeiten. Leider kann man z. B. große Gesenke für Teile der Karosserieaußenhaut, wenn die Preßteile einwandfrei sein sollen, bei uns kaum erheblich billiger herstellen als in Amerika. Das gleiche gilt für einen beträchtlichen Teil der Montagevorrichtungen. Wenn diese Vorrichtungen flottes und genaues Arbeiten gestatten sollen, so kann man bei ihrem Entwurf nicht berücksichtigen, ob sie für 1000 oder 10 000 Stücke gebraucht werden.

Heute beherrschen — wenn man von Sonderkonstruktionen absieht — im wesentlichen noch zwei Arten von Karosserien den Weltmarkt, die Holz-Stahl-Karosserie und die Ganzstahl-Karosserie. Auf beide Typen soll weiter unten näher eingegangen werden. Entwicklungsgeschichtlich ist die Holz-Stahl-Karosserie die ältere; in neuerer Zeit machen sich gerade in Amerika Bestrebungen bemerkbar, die Anwendung von Holz als Karosseriebaustoff einzuschränken oder ganz zu vermeiden.

Abb. 3
Schema für den Werkplan des Ambi-Budd-Preßwerks.

Man braucht nur das Holzgerippe einer neuzeitlichen Holz-Stahl-Karosserie mit dem einer Karosserie zu vergleichen, die vor fünf Jahren gebaut wurde, um zu erkennen, welche Anstrengungen gemacht worden sind, um die Karosserie leichter und aus weniger Holzstücken herzustellen. Das Gerippe, Abb. 1, ist viel zierlicher und zeigt an den verschiedenen Stellen die Verwendung von Verbindungsstücken aus Stahl. Der Rohbau älterer Art, Abb. 2, zeigt noch richtiges Fachwerk bei erheblich dickeren Querschnitten. Die einzelnen Gerippeteile sind verzapft, verleimt und verschraubt. Aus den Längsträgern dieser Karosserie werden heute je zwei geschnitten. Der Rohbau ist so gestaltet, daß die Blechhaut einfach aufgenagelt wird. Auch die Außenhautbleche erhalten ihre Form erst während des Zusammenbaues. Starke Verbeulungen blieben nicht aus. Die Oberfläche wurde millimeterdick mit Ziehspachtel behandelt.

Ohne ein großes Preßwerk kann man heute weder die eine noch die andre Art von Karosserien in Reihen herstellen; denn auch die neuzeitliche Holz-Stahl-Karosserie verlangt eine einwandfrei gepreßte Außenhaut, wenn man nicht Unzuträglichkeiten in den Kauf nehmen will. Während die Fischer Body Corp., die zur General Motors Corp. gehört, Holz-Stahl-Karosserien herstellt, betont z. B. Ford ausdrücklich, daß sein neuer Wagen Ganzstahl-Karosserie hat.

Es ist schwierig, das Für und Wider beider Arten von Karosserien abzuwägen, da beide ihre Vorzüge haben; sicher ist aber, daß, wenn die Ganzstahl-Karosserie zufällig die ältere gewesen wäre, man nie zur Verwendung von Holz als Baustoff übergegangen wäre. Selbstverständlich ist dabei von allen Sonderausführungen abgesehen.

Da vorläufig auch in Deutschland noch beide Arten von Karosserien verlangt werden, und man ausgesprochen kleine Reihen in Holz-Stahl-Bauart leichter in Arbeit nehmen kann, baut das Ambi-Budd-Preßwerk, Berlin-

Abb. 1
Gerippe einer Holz-Stahl-Karosserie.

Abb. 2
Rohbau einer Holz-Stahl-Karosserie älterer Bauart.

Johannisthal, Karosserien nach beiden Verfahren. Der Lauf der Fertigung ist in Abb. 3 dargestellt. Während für die Herstellung der Preßteile ein gemeinschaftliches Preßwerk sorgt, trennen sich die Wege während der Montage der Rohbauten, um sich in der Lackiererei und Polsterei wieder zusammenzufinden.

Bauart der Karosserie

Das Verfahren, nach einem vom Wagenbauer im Maßstab 1:1 entworfenen Hauptplan in der Werkstatt zu arbeiten, hat sich bis zum heutigen Tag erhalten. Diese einfache Bauweise genügt aber für Reihenfertigung nicht mehr. Die Aufteilung der Arbeiten in Einzelvorgänge, die Entwicklung praktischer Einzel-, Gruppen- und Hauptvorrichtungen, die für die rationelle Arbeit Voraussetzung sind, machen unbedingt erforderlich, daß die Holz- und Stahleinzelteile der ganzen Karosserien mit Vorschriften über Bearbeitung, Zusammenbau usw. im Konstruktionsbureau vorbereitet werden. Die Zeichnungen der Holzteile des Karosseriegerippes oder der Preßteile des Ganzstahl-Wagens bilden die Grundlage für den Entwurf der Vorrichtungen und Lehren, für die erste Kostenberechnung und gestatten den Betriebsleitern der einzelnen Werkstätten, ihre Abteilungen zweckmäßig einzurichten.

Die Konstruktion der Karosserie muß — unter Berücksichtigung der vom Besteller verlangten Innenmaße — vom Fahrgestell ausgehen. Hierbei werden die Hauptmaße ermittelt. Da das für eine bestimmte Konstruktion in Frage kommende Fahrgestell meistens konstruktiv und auch in bezug auf Fertigung festliegt, hat sich leider der deutsche Karosseriekonstrukteur mit gegebenen Tatsachen abzufinden. Dies ist letzten Endes jedoch für die Fahrgestell- und für die Karosseriefabrik nachteilig. Deshalb ist mit allen Mitteln danach zu streben, daß beide Konstrukteure weitgehende Rücksicht aufeinander nehmen und engverbunden arbeiten. Bei der Formgebung der Außenhaut darf das Geschmackliche nicht außer acht gelassen werden. Die Linien müssen ruhig und ineinander aufgelöst erscheinen. Dann erst unterteilt man die Außenhaut nach fabrikatorischen Gesichtspunkten.

Zur Unterstützung des Konstruktionsbureaus dient, während der Entwurf noch im Gang ist, ein Modell, das in der Versuchsabteilung angefertigt wird. Dieses Modell unterstützt z. B. auch den Modelltischler beim Anfertigen der Modelle für die Gesenke, außerdem werden bereits daran die zweckmäßigsten Arbeitsverfahren erörtert, die man wählen soll. Gruppenzusammenstellungen der Holzteile, z. B. der Türrahmen, benutzt man für den Entwurf der Montagevorrichtungen, während die Zeichnungen der Preßteile dem Konstruktionsbureau für Werkzeuge zugeführt werden, das die Gesenke vorbereitet. Auf den Entwurf der Gesenke haben die Leiter des Werkzeugbaues und des Preßwerkes aus begreiflichen Gründen Einfluß. Daneben darf der Werkzeugkonstrukteur auch die Arbeit der Montageabteilung nicht zugunsten des Preßwerkes erschweren.

Außerdem spielen die vorhandenen Pressen bei der Gestaltung der Werkzeuge eine gewisse Rolle. Der Konstrukteur muß die Werkzeuge immer für die Presse entwerfen, welche für den Preßvorgang am günstigsten ist. Das führt manchmal zwangläufig zum Bau von Gruppenwerkzeugen, die in einer größeren Presse gleichzeitig arbeiten. So lassen sich z. B. Türleisten, an denen Loch-, Form-, Schnitt- und Abkantarbeiten vorzunehmen sind, im Reihenverfahren unter einer genügend großen Presse herstellen.

Nach Beendigung aller Entwurfsarbeiten und nach Besichtigung der Musterkarosserie durch den Besteller ist die Konstruktion werkstattreif.

Werkzeugbau und Preßwerk

Dem Preßwerk vorgeschaltet ist eine neuzeitliche, der Größe des Werkes angepaßte Abteilung für die Herstellung von Sonderwerkzeugen. Auch wenn man manchmal Werkzeugfabriken zur Lieferung heranzieht, darf man den Werkzeugbau im eigenen Werk nicht vernachlässigen, da, abgesehen von den immer wiederkehrenden Änderungen kleinen Umfangs, die Werkzeuge dauernd der Pflege und Ausbesserung bedürfen.

Im Vergleich zu Amerika muß man in Deutschland wegen der kleineren Reihen die Werkzeuge viel öfter aus- und einbauen, wobei man, wenn man erstklassige Preßteile erhalten will, den Werkzeugbau nicht ausschalten kann. Manchmal verlangt schon der Übergang zu einer neuen Sendung von Stahlblech das Nachschaben gewisser Gesenke in der Presse. Der Werkzeugbau, der mit Rücksicht auf die beträchtlichen Gewichte der Gesenke mit Kranen ausgerüstet werden muß, braucht neuzeitliche große Werkzeugmaschinen, und zwar neben guten, schnellen Querhobelmaschinen Langhobel- und schwere Senkrecht- und Universal-Fräsmaschinen, Bohrwerke, große senkrechte Stoßmaschinen und Radialbohrmaschinen. Das Fräsen des genauen Karosserieumrisses, dessen Teile in den einzelnen Gesenken wiederkehren, erfolgt nach sauber gearbeiteten Fräsformen auf elektrisch gesteuerten selbsttätigen Kopierfräsmaschinen (Keller).

Das Preßwerk enthält zur billigen Durchführung aller Arbeiten Reihen von kleinen, mittleren und großen Pressen. Im Ambi-Budd-Werk laufen zur Zeit etwa 50 kleine und große Pressen bis zu 1500 t Druck, diese für das Kaltformen von Rahmen-Längsträgern. Vor dem Preßwerk ist das Stahlblechlager angeordnet. Die Auswahl der Tiefziehbleche fordert die größte Aufmerksamkeit. Hierbei spielt auch die erforderliche Mindestgröße der Blechtafeln eine wichtige Rolle, wenn man Abfall vermeiden will. Da die Preßteile ohne vorheriges Überziehen mit Spachtelkitt lackiert werden müssen, so werden an ihre Oberflächenbeschaffenheit und Tiefziehbarkeit bisher nicht gekannte Anforderungen gestellt. Das Ambi-Budd-Werk, das ursprünglich amerikanische Bleche verarbeitete, ist heute infolge der Mitarbeit deutscher Blechwalzwerke in der Lage, seinen Bedarf an Blechen im Inlande zu decken. Ein Laboratorium mit allen Einrichtungen für chemische und Festigkeitsuntersuchung der Bleche ist für ein großes Preßwerk unentbehrlich.

Vom Hauptarbeitsbureau wird der Auftrag für eine größere Reihe von Karosserien an den Betrieb ausgegeben; der Kran entnimmt darauf dem Gesenklager die erforderlichen Werkzeuge und setzt sie an die entsprechenden Pressen. Es ist vorteilhaft, besondere Gesenkeinbauer, die nichts mit der Herstellung der Preßteile zu tun haben, zu beschäftigen. Die ersten gepreßten Probestücke jeder neuen Reihe wandern zunächst zur Prüfabteilung, die, möglichst im Preßwerk untergebracht, mit Hilfe genauer Schablonen und Zeichnungen die Arbeit nachprüft. Ist das Probestück in Ordnung, so gibt die Prüfabteilung die Herstellung der Reihe frei.

Es ist die Aufgabe des Fabrikationsingenieurs, zu überwachen, daß die zur Herstellung der in den Betrieb gegebenen Reihe erforderlichen Preßteile möglichst genau nach dem Zusammenbauplan abgepreßt werden. Er hat seine Aufgabe gelöst, wenn der Zusammenbau ohne wesentlichen Vorrat an Preßteilen fließend arbeiten kann und es ihm hierbei gelingt, mit einer geringen Anzahl von Pressen die kürzeste Laufzeit des Werkstoffes von der Blechtafel bis zum fertigen Preßstück zu erreichen. Eine in seinem Arbeitszimmer hängende Pressentafel zeigt ihm ständig die Belastung der einzelnen Maschinen. Farbige Fähnchen lassen Gesenkwechsel oder Ausbesserung erkennen. Die an der arbeitenden Presse steckende Fabrikationskarte gibt Auskunft über Arbeitsnummer und Stückzahl sowie über die vorgenommenen Revisionen und bereits gelieferten Stücke. Da die zur Fertigung verschiedener Preßteile erforderlichen Arbeitsgänge mehrere Pressen beanspruchen, faßt man für die Dauer der Anfertigung solcher Teile zweckmäßig die in Frage kommenden Maschinen gruppenweise zusammen, d. h. der Kran setzt die erforderlichen leichten Pressen in die Nähe der großen Presse, bis nach Fertigstellung des betreffenden Stückes eine andre Zusammenstellung nötig wird.

Die Gesenke laufen über ein Gesenklager. Erforderlich werdende Ausbesserungen werden auf einer Gesenkkartei vermerkt. Hierbei ist es wichtig, die Ursache der Ausbesserung festzustellen, damit das Konstruktionsbureau gegebenenfalls Fehlkonstruktionen in Zukunft Rechnung trägt. Eine gelegentliche Überprüfung dieser Kartei ist sehr lehrreich.

Abb. 4
Ganzstahl-Rohbau, von unten gesehen; das Dach fehlt.

Abb. 7
Ganzstahl-Rohbau, von oben gesehen.

Abb. 5
Ganzstahl-Rohbau. Die wichtigsten Konstruktionselemente und Verbindungen sind durch Schnitte freigelegt.

Abb. 6
Gerippe einer Ganzstahl-Karosserie.

Die Gesenke müssen so gebaut sein, daß sie genaue Stücke liefern. Die Güte der Fertigung soll im Preßwerk möglichst gefördert werden. Das spart der Montage unerträgliche Nacharbeiten und gestattet erweiterten Austauschbau; außerdem bleibt die Blechoberfläche einwandfrei, so daß im allgemeinen das Spachteln entfallen kann. Zum Befördern fertiger Preßteile benutzt man besondre Wagen, die leicht beweglich und so eingerichtet sein müssen, daß die Teile einander nicht beschädigen. Jede unnötige Verletzung der Blechhaut muß vermieden werden. Aus Abfallstücken werden gegebenenfalls kleinere Teile gepreßt, für den Überschuß findet man infolge der hohen Güte der Bleche leicht Käufer. Der Schrot fällt in Schrotkammern, wird mit dem Kran an das Ende des Preßwerkes geschafft und verladen.

Ganzstahl-Karosserien

Der Großreihenbau von Karosserien, die auch in Amerika ständig wachsenden Schwierigkeiten, geeignete Hölzer zu beschaffen und zu lagern, und die durch die Anforderungen an Motorleistung und Fahreigenschaften der Fahrzeuge gesteigerten Beanspruchungen im Karosseriegerippe haben zu vermehrter Verwendung von Stahl als Baustoff gezwungen. Der Wunsch der Fabriken, für Kraftwagen-Fahrgestelle möglichst leichte Karosserien zu erhalten, verringerte zunächst die Haltbarkeit und Sicherheit der Karosserien und erzwang schließlich denselben Weg. So entstand die Ganzstahl-Karosserie. Ihr Gerippe, alle Längs- und Querverbindungen, Pfosten, Türrahmen, sogar neuerdings das ganze Dach sind Stahlblech-Preßteile, Abb. 4 bis 7.

Die erste Ganzstahl-Karosserie, die vor 16 bis 18 Jahren von der E. G. Budd Mfg. Co., Philadelphia, gebaut wurde, lehnte sich stark an die damals bekannte Holz-Stahl-Bauart an; infolgedessen waren ihre Preßteile nach Form und Größe den entsprechenden Teilen der Holzkarosserie sehr ähnlich. Erst im Laufe der dann einsetzenden Entwicklung der Ganzstahl-Karosserie gelang es, sich von dem hölzernen Vorbild immer weiter zu entfernen. War man gezwungen, gewisse Einzelstücke eines Holzgerippes — eben wegen der Verwendung von Holz als Baustoff — getrennt anzufertigen und zu verleimen oder zu verschrauben, so stellte man für verschiedene Stellen der Ganzstahl-Karosserie Preßteilverbindungen her, die die Aufgaben mehrerer Holzteile der Holz-Stahl-Karosserie mit einem Stück lösten, Abb. 5 und 8. Dies brachte einfacheren Zusammenbau und damit verminderte Lohnkosten mit sich. Die in genauen Gesenken sehr gleichmäßig geformten Preßteile, gleichviel ob Gerippeteile oder Bekleidungsbleche, lassen sich wesentlich

Abb. 8
Kennzeichnende Verbindung eines Pfostens mit dem Längsträger in einer Ganzstahl-Karosserie.

Innenansicht Außenansicht

Abb. 9 und 10

Seitenwand einer modernen fünfsitzigen Ganzstahl-Karosserie, bestehend aus nur einem Preßstück.

einfacher und genauer verbinden als Holzteile und gestatten in vielen Fällen, ungelernte und weibliche Arbeitskräfte zu verwenden. Die einzelnen Baugruppen der Karosserie (Vorderteil, Türen, Hinterteil usw.) fallen dabei so gleichmäßig aus, daß man für einen Wagen, der schon längere Zeit in Gebrauch ist, ohne weiteres z. B. eine Ersatztür der Fabrik entnehmen und einhängen kann. Da Lackierung und Polsterung jeder einzelnen Karosserie vorgemerkt werden, kann das Werk eine fertiglackierte Tür sogar nach außerhalb liefern.

In den letzten zwei Jahren hat die konstruktive Durchbildung der Ganzstahl-Karosserie einen beträchtlichen Fortschritt erfahren. So liefert z. B. die E. Budd Mfg. Co., Philadelphia, für einen amerikanischen Großabnehmer eine Ganzstahl-Karosserie, Abb. 9 und 10, deren Seiten vom vorderen Pfosten der vorderen Tür bis zur Verbindung mit der Rückwand einschließlich der beiden Pfosten der hinteren Tür und des oberen und des unteren Längsträgers aus einem Stück gepreßt sind. Auch in Deutschland sind ähnliche Konstruktionen in Vorbereitung. Was hierdurch an Einzelteilen und Verbindungen entfällt, die immer wieder zu Klagen Anlaß geben, kann man sich leicht vergegenwärtigen.

Der Zusammenbau der Ganzstahl-Karosserien erfolgt nach folgenden Hauptgruppen: Vorderteil, Seitenteile, Türen und Hinterteil. Jede Gruppe ist natürlich weitgehend in Einzelarbeitsvorgänge unterteilt. Die vom Preßwerk kommenden Teile werden den einzelnen Gruppen zugeführt. Innerhalb der Gruppe finden sich alle für die Fertigung des betreffenden Teiles erforderlichen Vorrichtungen, die so zueinander aufgestellt sind, daß die Fabrikation möglichst geradlinig verläuft. Am Ende des Gruppenzusammenbaues erfolgt Teilabnahme.

Die zum Zusammenbau benutzten Punktschweißmaschinen sind mit Sonderelektroden ausgerüstet, da das Blech unter dem Drucke der Elektrode nachgibt und dies bei Stellen, die später an der Außenhaut der Karosserie sichtbar werden, zu berücksichtigen ist. Die elektrische Einrichtung der mit Wasser gekühlten Schweißmaschinen muß reichlich bemessen sein.

Zur Herstellung gewisser Teile, z. B. Türen, benutzt man vorteilhaft Deckenförderbänder, die mehrere Schweißmaschinen und Montagevorrichtungen verbinden. Eine Sondervorrichtung übernimmt dann eingangs die Einzelteile und führt diese durch den ganzen Fabrikationsgang, um am Schluß das fertige Erzeugnis auszuwerfen. Infolgedessen ist es möglich, mit nur wenigen Leuten in 8 h sauber und genau bearbeitete Türen für 100 Karosserien herzustellen.

Am Ende der Hauptgruppen übernimmt die Zusammenbauvorrichtung für den Rohbau die einzelnen Erzeugnisse und schweißt aus diesen in wenigen Minuten einen fertigen Rohbau zusammen. Da als Mittel zum Verbinden — auch bei den einzelnen Gruppen — die elektrische Punkt- und Stumpf-Schweißmaschine die Hauptrolle spielt und nur gewisse Eckverbindungen in der Hauptvorrichtung genietet werden, ist der Rohbau außerordentlich widerstandfähig. Die Vorrichtungen für den Zusammenbau und zum Verschweißen der Einzelteile sind mit derselben Sorgfalt hergestellt wie die Gesenke; deshalb erreicht man — bei großer Gleichförmigkeit der Erzeugnisse — sehr kleine Montagezeiten.

Aus der Hauptvorrichtung wandert der Rohbau zum Förderband. Die Türen, die vollkommen fertig und mit angenieteten Scharnieren versehen sind, lassen sich ohne Nacharbeit in die Scharnierschlitze am Rohbau einstecken. Hierauf folgt die Rohbauabnahme, die einfach ist, weil durch mehrere Zwischenprüfungen die Teilfertigung vom Preßwerk bis zum Rohbau ständig überwacht wird. Der Rohbau erhält nunmehr einen ölhaltigen Innenanstrich, der aufgespritzt wird. Hierauf rollt er auf einem Sonderwagen dem Förderband der Lackiererei zu.

Die Vorteile der Ganzstahl-Karosserien sind:

1. Größere Haltbarkeit, da alle Verbindungen geschweißt und genietet werden.
2. Größere Sicherheit bei Unfällen, da das geschweißte Gerippe wesentlich widerstandfähiger ist und nicht wie der Holzbau leicht bricht und splittert.
3. Die Verwendung von Stahl ergibt schmälere Pfosten, die mehr Sicht freigeben.
4. Die Lackierung kann bei höheren Temperaturen getrocknet werden, so daß sie haltbarer wird.

Holz-Stahl-Karosserien

Die Holzteile für das Gerippe der Karosserie werden aus erstklassigem, gut getrocknetem Holz auf Hochleistungs-Holzbearbeitungsmaschinen in geeigneten Vorrichtungen erzeugt. Der Holzeinkauf soll mit dem Betrieb in engster Verbindung zusammenarbeiten, damit nicht durch ungeeignete Abmessungen der Rohhölzer zuviel Verschnitt anfällt. Auch in der Holzbearbeitung ist eine ständige Nachprüfung der Einzelteile auf ihre richtigen Maße nötig. Das Gerippestück, die Pfosten, die Längsträger sollen soweit wie möglich maschinell fertiggestellt werden.

Da ein falsches Holzstück nicht mit derselben Zwangläufigkeit von der richtigen Vorrichtung abgestoßen wird, wie ein Preßstück, so muß man die aus irgendeiner Ursache falsch hergestellten Holzteile schnell aus dem Betrieb entfernen. Dies ist besonders deshalb wichtig, weil erfahrungsgemäß der Montagearbeiter an Holzteilen leichter stillschweigend Veränderungen vornimmt, als an Stahlteilen.

Zum Zusammenbau der Einzelteile zum Gerippe der Karosserie oder zum Türrahmen dienen besondre Vorrichtungen. Um leichtere Holzbauten zu erlangen, ist man dazu übergegangen, besonders beanspruchte Eck- und Querverbindungen durch Schmiede- oder Tempergußstücke zu verstärken. Beim Verbinden der einzelnen Holzteile miteinander oder mit Eisenteilen finden im wesentlichen Leim und Holzschrauben Verwendung. Nur an einzelnen Stellen wird genagelt (Dach, Befestigung der Außenhaut). Allen diesen Verbindungen muß Aufmerksamkeit geschenkt werden, denn jede unsaubere Arbeit macht sich nach einigem Gebrauch des Fahrzeugs geräuschvoll bemerkbar. Um Quietschen und Klappern von Verbindungen, die nicht ganz einwandfrei sind oder sich nachträglich lösen, zu vermeiden, verwendet man dämpfende Zwischenlagen aus Stoff, Gummi oder Kitt. In amerikanischen Fachzeitschriften werden namentlich in letzter Zeit viele solche Mittel angeboten, die beim Bau der Karosserie benutzt werden und Geräusche auf längere Zeit verhindern sollen.

Abb. 11
Das Gerippe einer Holz-Stahl-Karosserie ist mit der Blechaußenhaut versehen worden. In diesem Zustande wird die Karosserie der Lackierung zugeführt. Die schrägen Streben dienen zur Versteifung während des Transportes.

Auch bei der Holz-Stahl-Karosserie unterteilt man den Zusammenbau in Gruppen. Die Unterteilung ist von der Ganzstahlmontage in soweit verschieden, als man beim Holz-Stahl-Bau das Gerippe zweckmäßig anders unterteilt. Auch hier liegen die zur Vornahme der erforderlichen Arbeiten nötigen Vorrichtungen nebeneinander und münden am Schluß in der Haupt-Zusammenbauvorrichtung. Zum Unterschied von der Ganzstahl-Fabrikation fällt hier jedoch erst ein unbeblechtes Gerippe an, während die Ganzstahlgruppen bereits mit der Außenhaut versehen die Hauptvorrichtung erreichen, s. Abb. 3.

Der fertige Rohbau wird nachgeprüft, abgenommen und dann mit schwarzer Ölfarbe gespritzt. Hiernach wandert er der Arbeitergruppe zu, die die Außenhaut anzubringen hat. Für die Anfertigung von Holz-Stahl-Karosserien braucht man weniger Gesenke als für Ganzstahl-Karosserien. Sieht man von einigen Eckverbindungen und Knotenblechen ab, so dienen Gesenke nur zum Herstellen der Außenhaut. Die zugehörigen Preßteile werden am besten — ganz wie bei der Ganzstahl-Karosserie — soweit wie möglich auf den Pressen vorgearbeitet. Schwieriges Aufpassen, Nachhämmern der Bleche mit dem Handwerkzeug, zerstören die Oberflächen und zwingen zur Verwendung von Ziehspachtel.

Bei richtig hergestelltem Gerippe und einwandfrei gepreßten Außenhautblechen ist das Beziehen eine saubere und schnell zu erledigende Arbeit. Die Teilfugen zwischen den einzelnen Blechstücken legt man möglichst in die Zierleisten und überdeckt sie mit Aluminiumleisten. Wie bei der Ganzstahl-Karosserie hängt man dann die Türen ein, die gesondert zusammengebaut werden. Da der Aufbau der Holzrahmen, die Art ihrer Verbindung und das Anbringen der Außenhaut leichter zu Formänderungen der Tür führen, ist das Einpassen einer solchen schwieriger als bei Ganzstahl-Karosserien. Nach der Abnahme des fertigen Rohbaues rollt die Karosserie der Lackierung zu, Abb. 11.

Da zunächst beide Arten von Karosserien nebeneinander verlangt werden, Ganzstahl-Karosserien mehr für die großen, Holz-Stahl-Karosserien mehr für die kleineren Reihen, so hat das Ambi-Budd-Preßwerk neben der Erzeugung von Ganzstahl-Karosserien auch eine neue Abteilung für Holz-Stahl-Karosserien eingerichtet. Die Anlage wurde unter Mitwirkung amerikanischer Fachleute entworfen. Um im Verhältnis zur Ganzstahl-Karosserie nicht zu ungünstig zu arbeiten, mußte man die neuesten Holzbearbeitungsmaschinen beschaffen. Maschinenpark, Werkzeuge und Vorrichtungen sowie das ganze Arbeitsverfahren lehnen sich daher stark an amerikanische Muster an. Die Anlage ist so bemessen, daß sie demnächst 75 Karosserien täglich fertigstellen kann und die Möglichkeit bietet, durch Hinzufügen einiger Maschinengruppen das Ausbringen in wenigen Wochen zu verdoppeln. Zur Zeit beginnt diese Abteilung mit der Lieferung siebensitziger Pullman-Limousinen an führende deutsche Automobilfabriken. Abb. 1 und 2 zeigen ein Holzgerippe älterer und neuester Bauart.

Lackieren und Polstern

Eine gute Karosserielackierung setzt peinliche Säuberung der Blechaußenhaut voraus. Hierzu benutzt man verschiedene Waschmittel, Waschbenzin, Spiritus usw. Da die Verwendung elektrischer oder pneumatischer Schleif- und Polierwerkzeuge in der Montage die Rostbildung an den bearbeiteten Stellen der Außenhaut begünstigt, ist zum Reinigen außerdem ein rostlösendes Mittel (Deoxidine) nötig. Wegen der hohen Kosten solcher Mittel muß der Betriebsleiter den Grad ihrer Verdünnung ständig überwachen. Nach dem Entrosten wird die Karosserie gründlich gewaschen. Abblasen mit Preßluft und künstliches Trocknen beschleunigen den Arbeitsvorgang (Vorsicht bei Holz-Stahl-Karosserien). Nunmehr beginnt das eigentliche Lackieren.

Die Einführung der Nitro-Zellulose-Lackierung dürfte sich in allen Karosseriefabriken vollzogen haben. Dabei sind zwei verschiedene Verfahren in Gebrauch, das auf Nitro- und das auf Ölgrundlage. Amerika, das seinerzeit zuerst die Nitrolackierung auf der Nitrogrundlage aufnahm, konnte kein praktisches Verfahren finden, das auch bei den unvermeidlichen Ungleichförmigkeiten des Betriebes eine einwandfreie Lackierung sicherte. Die Nitrozellulose haftet nur dann befriedigend auf der Blechoberfläche, wenn diese äußerst sorgfältig gereinigt wird.

Da es schwer ist, den Grad der Reinigung zu überwachen, arbeiten heute noch die meisten Betriebe mit einer Ölgrundfarbe, der man zur besseren Verbindung mit der Blechoberfläche Eisenoxyd als Farbstoff zusetzt. Diese Grundfarbe zwingt man in Trockenöfen zu schnellerer Oxydation, was die Haltbarkeit der Lackierung günstig beeinflußt. Während die mit Nitrogrundlage arbeitenden Betriebe auf den Grundanstrich aus Nitrozellulose den Nitrospachtel spritzen (manchmal sind Grund und Spachtel gleich), verwenden die mit Ölgrundlage arbeitenden Werkstätten entweder Nitrospachtel oder Ölspachtel.

Der Nitrospachtel hat den Vorzug, daß er ohne künstliche Trocknung in einer erträglichen Zeitspanne das Lösemittel abgibt. Sein Mangel ist eine geringe Füllkraft. Man ist deshalb, wenn besondere Anforderungen an die Oberfläche der Lackierung gestellt werden, gezwungen, unter Umständen ein- oder zweimal öfter zu spritzen, also mehr Spachtel zu verbrauchen. Der Ölspachtel ist zweifellos haltbarer und deckt besser als der Nitrospachtel; allerdings verlangt er, wenn in Reihen gearbeitet werden soll, Ofentrocknung bei Temperaturen bis zu 80 °.

Die Spachteloberfläche wird in Handarbeit mit Ölschleifpapier und Wasser (in einzelnen Fällen Benzin) geschliffen. Schleifmaschinen, die allen Krümmungen der Karosserie folgen, müssen noch erfunden werden. Nach dem Spachtelschliff kann mit dem Auftragen des Nitrolacks begonnen werden. Je nach der spezifischen Dichte der Farbe braucht man drei oder mehr Spritzgänge, die gekreuzt aufzutragen sind. Zweifarbige Karosserien spritzt man zunächst unten, beklebt sie mit Papierstreifen an der Grenze der beiden Farben und spritzt dann den Oberteil der Karosserie. Öfen mit etwa 40 ° beschleunigen das Verdampfen der Lösemittel und demnach den Arbeitsgang.

Die Lackierung wird dann geschliffen; da das Lackschleifen eine wesentlich feinere Papierkörnung verlangt, muß man darauf achten, daß die Arbeiter nicht das Spachtelschleifpapier benutzen. Nunmehr erfolgt eine Prüfung und Abnahme der Lackierung (Ausbessern beschädigter oder durchgeschliffener Stellen usw.); dann wird der unpolierte Rohbau dem Polstereinbau zugeführt. Um der noch empfindlichen frischen Lackschicht mehr Widerstandfähigkeit zu geben, überspritzt man die Lackierung mit einer klaren Schutzschicht. Allerdings läßt sich hierbei die Bildung eines neuen Gefüges nicht ganz vermeiden

In der über oder neben den Lackierräumen liegenden Polsterwerkstatt sind nach Schablonen die Polstereinbauten zugeschnitten, die von Untergruppen, wie der Kleberei, Näherei usw., verarbeitet werden. Die Schablonen, an der Versuchskarosserie entwickelt, sind aus gutem Zeichenpapier mit elektrischen Perforiermaschinen hergestellt. Bei der Verwendung der in Deutschland verlangten guten Stoffe ist es wichtig, die sogenannte günstigste Stoffbreite aus dem Zusammenfügen aller Scha-

bloneneinzelteile zu ermitteln und diese Breite zu beschaffen. Die Schablonen ölt man, um ihre Lebensdauer zu verlängern.

Der Zuschnitt liegt am besten im Mittelpunkt der Polsterei, um unnötige Teilwege zu vermeiden; allerdings spielt hierbei der zur Verfügung stehende Raum eine Rolle. Da die vielen Kleinteile, die zu einem Polstersatz gehören, leicht durcheinandergeworfen werden, ist zwangläufige Beförderung sehr zu empfehlen. Sehr günstig ist die Verwendung eines Förderbandes zwischen der Polsterei und den Einbausträngen. Von Stockwerk zu Stockwerk benutzt man auch mit Erfolg Rutschen. Die jeder Karosserie vom Arbeitsbureau mitgegebene Begleitkarte gibt Auskunft über alle Einzelheiten der Karosserie und ermöglicht dem Arbeiter, der die Karosserien vom letzten Lackstrang in den entsprechenden Polsterstrang setzt, durch einfachen Sprachrohrzuruf die Nummer dem Polsterlager anzugeben. Einen Augenblick später fördert die Rutsche den zugehörigen Einbau.

Durch Aufteilung der Arbeiten und Bereitstellen wirksamer Vorrichtungen lassen sich gute Polsterungen schnell und gleichmäßig erzeugen. Zwischenprüfungen lassen sich nicht umgehen. Überhaupt verlangt die Polsterei bei den vielen Stoffen und Einzelteilen straffe Organisation und ständige Überwachung. Da die zu einem Satz gehörenden Teile aus den Untergruppen beim Einbau zusammenlaufen, zwinge man den Abteilungsleiter, nur vollständige Sätze zu liefern und zu melden. Über die Stoffbezüge selbst soll hier nichts gesagt werden. Jede Stoffart hat polstertechnisch ihre Vor- und Nachteile, manche neigen dazu, verschieden gefärbt zu erscheinen usw. Die notwendige Rücksicht auf Sonderwünsche und das Anfertigen von sogenannten Luxusausführungen machen das Vorhandensein einer Sonderabteilung in der Polsterei erforderlich. Ist in dieser Abteilung gelegentlich weniger zu tun, so kann man sie, da in ihr am besten die tüchtigsten Handwerker arbeiten, zur Entwicklung neuer Muster verwenden.

Auf dem kürzesten Wege gelangen die abgenommenen Sätze von Polstereinbauten an das Förderband. Auch beim Einsetzen der Teile in die Karosserie wird stark in Gruppen aufgeteilt. Man unterscheidet Beschlaggruppen, Fenstergruppen, Dachgruppen und verschiedene Gruppen für innern Einbau.

Man wird in einem großen Karosseriewerk immer die verschiedensten Muster von Karosserien anzufertigen haben. Neben den Reihenausführungen für Kleinwagen gibt es die besseren Erzeugnisse für Wagen mittlerer Preisklasse und die teuersten Ausführungen für große Fahrzeuge. Dieser Umstand macht ein Trennen der Fabrikation auch im Polstereinbau nötig. Starke Spezialisierung der einzelnen Klassen ist also auch hier erforderlich, wenn man die Herstellungskosten in leidlichen Grenzen halten will. Es ist des öfteren angenommen worden, daß Karosseriefabriken besonders hochwertige Einzelausführungen nicht anfertigen könnten. Dies ist ein Trugschluß, gerade die große Fabrik mit ihren erheblichen Hilfsmitteln und Einrichtungen kann hier das Beste liefern.

Ist die Polsterung fertig, so wird sie vor dem Polieren des Wagens abgenommen. Zweckmäßig schaltet man dahinter eine Lackausbesserstelle, da, trotz sorgfältiger Aufsicht, die Lackschicht beim Polstern verletzt zu werden pflegt. Die ausgebesserten Stellen müssen trocknen, bevor das Polieren beginnen kann.

Das Polieren der Karosserie erfolgt mittels Handarbeit, auf großen Flächen mechanisch, mit Hilfe von Poliermitteln (Paste, Polierwasser). Da man heute beim Polieren ungelernte Arbeitskräfte verwenden muß, soll der Aufsichtführende auf gleichmäßige Arbeit an allen Stellen der Karosserie achten. Auf das Polieren folgen das Absetzen der Leisten und das Ziehen der Zierstriche; während das Absetzen im allgemeinen in Handarbeit ausgeführt wird, verwendet man zum Ziehen der Striche gelegentlich besondere Vorrichtungen. Kurz darauf kann dann die Karosserie im Bereich der Leisten und Striche nochmals überpoliert und abgenommen sowie versandt werden. [B 2132]

Regelung des Straßenverkehrs in San Franzisko

Im letzten Jahr hat Dr. Miller Mc Clintock im Auftrag des San Francisco Survey Committee den Verkehr in San Franzisko eingehend untersucht und im Anschluß daran mehrere bemerkenswerte Vorschläge für die Verbesserung gemacht. Vor allen Dingen wurde in diesen Vorschlägen die Notwendigkeit betont, das Amt eines städtischen Verkehrsingenieurs zu schaffen und damit künftig technischen Gedankengängen bei der Lösung der Verkehrsfragen einen größeren Einfluß zu sichern. Ferner sollte diesem Ingenieur die Überwachung und dauernde Verbesserung der notwendigen technischen Einrichtungen übertragen werden.

Der auf diesen Vorschlag angestellte Ingenieur hat nunmehr die Verkehrsfragen von San Franzisko eingehend untersucht. Um die Verkehrsdichte im Verkehrszentrum der Stadt festzustellen, wurden für je eine halbe Stunde von 6 h bis 20 h auf allen Zu- und Abfahrtstraßen die Zahl der ankommenden und abgehenden Personen gezählt. Die Gesamtzahl der Personen betrug 1 073 963, von denen 744 667 auf Fahrzeugen fuhren, während der Rest Fußgänger waren. Die Gesamtzahl der Fahrzeuge betrug 203 641. Der größte Zustrom war von 7 h 30 min bis 9 h und die größte Dichte um 14 h 30 min mit rd. 4300 Fahrzeugen und rd. 88 000 Personen. Zwischen 5 und 5 h 30 min bewegen sich etwa 97 500 Personen auf den Straßen. Die Schnelligkeit des Verkehrs wurde durch Zeitstudien auf Grund von Versuchsfahrten im Mittel zu 16,25 km/h, die mittlere Geschwindigkeit während der Fahrt zu 18,52 km/h und die Wartezeiten zu 12,53 vH der reinen Fahrzeit festgestellt.

In den Straßen, in denen nicht geparkt werden darf, wurden die Randsteine mit roter Farbe angestrichen. Gelbe Farbe am Randstein bedeutet Erlaubnis zum Aufenthalt von 3 min für Personenkraftwagen und von 20 min für Lastkraftwagen. In der Nähe der Hydranten darf ebenfalls nicht geparkt werden. Einen Vergleich zwischen den Verhältnissen von San Franzisko und Los Angeles zeigt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1
Einteilung der Straßen in den Verkehrszentren von San Franzisko und Los Angeles, bezogen auf die Länge der Randsteine

		Los Angeles	San Franzisko
Gesamte Länge der Randsteine	m	33 270	14 672
Parken verboten	vH	20,9	15,66
Haltestellen für Lastwagen bis zu 20 min Aufenthalt	„	14,70	20,87
Einfahrten in enge Gassen	„	1,14	—
Parkstellen für Mietdroschken	„		2,91
Hydranten	„	—	4,93
Straßen nur für Lastwagenverkehr	„	—	4,61
Parken bis 40 min	„	58,55	50,13

Besonders eingehend untersuchte man die Verkehrszeichen und sonstigen technischen Hilfsmittel der Verkehrsregelung. Die Zeichen wechseln meist in Abständen von 72 s. Damit die Fußgänger, die sich ebenso wie die Fahrzeuge nach den Verkehrszeichen richten müssen, aufmerksam werden, wird bei jedem Wechsel des Zeichens eine schwache Glocke 7 s lang betätigt. Bei einer Verletzung der Verkehrsregeln und fahrlässigem Benehmen der Fußgänger wird eine Geldstrafe von 1 $ verhängt.

Die gründliche Untersuchung der Verkehrsverhältnisse und die Neuregelung durch den Verkehrsingenieur haben die Zahl der Verkehrsunfälle bedeutend vermindert. San Franzisko gehört heute zu den Städten, die die geringste Unfallzahl aufweisen; die Aufwendungen für Schadenfälle haben sich um 4,8 Mill. RM jährlich vermindert. Dabei konnte die Verkehrsschnelligkeit sogar erhöht werden. („Engineering News-Record" 11. Oktober 1928 S. 541*)

[N 2197] Schr.

Unfälle im Betrieb und Verkehr mit Kraftwagen

Von Ziv.-Ing. Ad. König, Berlin

Die Gefahren nach den Erläuterungen zum Gesetz — Gefahren der fehlerlosen und fehlerhaften Wagen. — Auswahl und Ausbildung des Wagenführers. — Bremsen; Einfluß der Motorstärke und der Fahrpreisanzeiger bei Droschken; Lenkung, Gleiten, Schleudern. — Brände; Zusammenstöße; Andrehen des Motors; Werkstoff- und Arbeitsfehler. — Mängel der Straßen, Sicherung der Bahnübergänge.

Die mit dem Verkehr zunehmende Zahl der Unfälle im heutigen Verkehr, insbesondere durch Kraftwagen, verpflichtet alle am Kraftwagenverkehr Beteiligten, die Sicherheit im Betriebe des Kraftwagens zu erhöhen.

Nach den Erläuterungen zum Gesetz über den Verkehr mit Kraftfahrzeugen besteht die Gefährlichkeit der Kraftfahrzeuge in ihrer ungewöhnlich hohen Geschwindigkeit, die zu häufigen Überholungen und Begegnungen und damit zu Gefahren führt, daß Kraftwagen ihre Fahrrichtung schnell ändern können und deshalb der Fußgänger usw. die Fahrrichtung nicht leicht erkennt und daß das Getriebe der Kraftfahrzeuge ungleich verwickelter ist als das der übrigen Fahrzeuge, so daß geringe Fehler oder Störungen die Lenkbarkeit plötzlich beeinträchtigen können. Dazu kommen die Gefahren von Explosionen und Bränden.

Man kann die Gefahren im Betrieb der Kraftwagen folgendermaßen einteilen:

Gefahren des fehlerlosen Wagens:

Geschwindigkeit.	Wendigkeit.	Gase.
Schwierigkeiten des Anhaltens und Ausweichens, Heftigkeit des Anpralls, erhöhte Gefahr bei Achs- und Räderbrüchen bei Versagen der Lenkung und der Bremsen, Erschrecken von Menschen und Tieren.	Erschwert das Ausweichen von Personen beim Wenden und an Straßenecken sowie beim Gleiten und Schleudern.	Luftverschlechterung durch Kohlenoxyd in Wagenschuppen, tiefliegenden Arbeits- und Wohnräumen sowie Straßen.

Gefahren des fehlerhaften Wagens:

Gleiten und Schleudern.	Versagen einzelner Teile.	Geräusch, Blendung durch Scheinwerfer.
Übermäßig abgenutzte Bereifung, Platzen eines Reifens, falsche Radstellung, Flattern der Räder, ungleich wirksame oder verölte Bremsen.	Fehler der Bauart, der Arbeit oder des Baustoffs, der Lenkung, der Bremsen, Beleuchtung, Zurückschlagen des Motors beim Andrehen, Brand, Explosion.	Scheuen von Tieren, Verunglücken Entgegenkommender.

Der Wagenführer

Die Größe aller Gefahren hängt von der Geschicklichkeit und Erfahrung, Aufmerksamkeit und Vorsicht des Wagenführers ab. Dabei können Geschicklichkeit und Erfahrung durch erhöhte Aufmerksamkeit und Vorsicht ersetzt werden, während Geschicklichkeit allein oft wenig hilft gegenüber Fehlern eines andern Fahrers. Der zuverlässigste Kraftwagen kann in der Hand eines leichtsinnigen Fahrers gefährlich sein; z. B. erhöhen Vierradbremsen die Sicherheit bei gleicher Geschwindigkeit, sie können aber den Fahrer dazu verleiten, die Geschwindigkeit unzulässig zu steigern, so daß dann die Gefahr vergrößert wird. Auch die Beurteilung der Abnutzung von Lenkung, Bremsen und Bereifung sowie das Vermeiden von Bränden beim Umgang mit Kraftstoffen hängen von der Sorgfalt des Fahrers ab. Ermüdung durch Überanstrengung oder das Einatmen von Auspuffgasen können den Fahrer gegen Gefahr abstumpfen. Führer von Kraftdroschken dürfen daher nicht länger als zwölf Stunden Dienst verrichten.

Die Ansichten über Auswahl und Ausbildung der Führer sind verschieden; die einen fordern für Berufsfahrer sorgfältige, psychotechnische, womöglich auch phrenologische Eignungsprüfung und schärfere theoretische und praktische amtliche Prüfung der Berufsfahrer, die andern halten die amtliche Führerprüfung nicht für zweckmäßig. Sie berufen sich auf Erfahrungen in Ländern, in denen es keine behördlichen Führerprüfungen gibt, insbesondere aber darauf, daß der behördliche Führerschein nach Ansicht der Gerichte den Halter des Kraftwagens nicht von der Pflicht befreit, sich beim Einstellen eines Fahrers Zeugnisse und Empfehlungen vorlegen zu lassen. Die Auswahl und das erste Anlernen des Nachwuchses an Berufsfahrern sollte durch die Wagenbesitzer erfolgen, die so auch Gelegenheit haben würden, den Charakter des Lehrlings zu prüfen. Die heutigen amtlich zugelassenen Fahrschulen nehmen dagegen Schüler ohne Vorbildung an und bilden sie in drei bis vier Wochen 10 bis 20 Stunden aus. Sie können für den niedrigen Preis auch nicht mehr bieten, als die Behörden fordern, nämlich das Zurücklegen von 150 km in acht Fahrten.

Abb. 1
Hydraulische Lockheed-Vierradbremse.
a Bremszylinder *b* Fußbremshebel

Wagenbesitzer brauchten nicht die gleiche Ausbildung zu erhalten wie Berufsfahrer; man könnte jedoch vor Erteilung der Fahrerlaubnis fordern, daß der Wagenbesitzer schon einen Kraftwagen geführt oder etwa ein halbes Jahr neben einem angestellten Berufsfahrer auf dem Führersitz gesessen hat.

Ausrüstung des Wagens

Die Vorschriften der Verordnung des Bundesrats über die Unabhängigkeit der beiden Bremsen werden nicht immer eingehalten. Wenn man das Gestänge von Vierradbremsen genau nach der Vorschrift bauen will, so wird es allerdings sehr verwickelt und wegen der Unübersichtlichkeit der vielen Bestandteile eine Quelle von Gefahren. An den Bremsen selbst ist wohl, seitdem man die Bremsbacken mit Metallasbestgewebe (Ferode, Bremsit usw.) belegt und durch die Servo-Bauart selbsttätig das Festbremsen und Gleiten der Räder verhindert, nicht viel mehr zu verbessern.

Dagegen kann man durch Anwendung von Öldruck zum Betätigen der Bremsen, die bei vielen Kraftwagen eingeführt ist, die Vorteile erreichen, daß alle vier Räder gleichmäßig gebremst werden und an die Stelle des Gestänge- und Hebelwerkes mit seinen vielen Schmier- und Abnutzungsstellen eine Rohrleitung tritt. Die bekannteste Art von Öldruckbremsen nach Lockheed, Abb. 1, stellt die Maschinen- und Armaturenfabrik Alfred Teves, Frankfurt a. M., her. Der Druckzylinder *a* ist in ein Gehäuse eingebaut, das als Vorratgefäß für die Druckflüssigkeit dient. An diesem Gehäuse ist der Fußhebel angebracht, durch dessen Betätigung man die Flüssigkeit in die Leitungen drückt. Verluste durch Undichtheiten oder die durch Temperaturwechsel eintretenden Änderungen des Rauminhalts der Flüssigkeit werden selbsttätig ausgeglichen.

Abb. 2 bis 4
Der schwache Motor verleitet zum unvorschriftsmäßigen Fahren.

Abb. 2
Straße mit Nebenstraßen.

Abb. 3
Fahren mit starkem Motor.

Abb. 4
Fahren mit schwachem Motor.
a vorschriftsmäßiges Fahren
b unvorschriftsmäßiges Fahren

Gelegentlich einer Gebrauchs- und Wirtschaftlichkeitsfahrt des Allgemeinen Deutschen Automobil-Clubs erreichte ein Sechszylinder-Adler-Wagen bei 60 bis 80 km/h Fahrgeschwindigkeit auf trockener Landstraße in 2 bis 3 s Bremszeit 16 bis 17 m Bremsweg. Bremsstrecke und Bremszeit noch weiter zu verkürzen, scheint nicht zweckmäßig, da nachfolgende Wagen gefährdet und auch die Insassen von den Sitzen geschleudert werden können, der Wagen auch selbst schleudern oder sich überschlagen kann.

Von großer Bedeutung für die Verkehrsicherheit eines Kraftwagens ist das Verhältnis der Motorleistung zum Wagengewicht. Die Erfahrung ergibt, daß die Fahrsicherheit des Kraftwagens mit der Vergrößerung dieses Verhältnisses nicht abnimmt, wie man meist glaubt, sondern zunimmt, d. h. daß Wagen mit verhältnismäßig starken Motoren auch im Stadtverkehr zuverlässiger sind. Im allgemeinen regelt nämlich der Führer die Fahrgeschwindigkeit nur mittels des Fußhebels durch Abstellen des Vergasers ohne Auskuppeln des Motors, so daß der Motor als Bremse wirkt. Da ein Motor mit großem Zylinderinhalt den Wagen nicht nur stärker beschleunigt, sondern auch stärker bremst als ein Motor mit kleinem Zylinderinhalt, so regelt sich der Wagenlauf im Stadtverkehr mittels des Gashebels beim starken Wagen bequemer und man erreicht eine höhere Reisegeschwindigkeit, ohne gefährlich hohe Höchstgeschwindigkeiten anwenden zu müssen.

Abb. 2 stellt eine Straße mit Nebenstraßen dar. Zwei Wagen, die in der Pfeilrichtung fahren, seien bei *H* zum Halten gezwungen. Die Fahrweise eines Wagens mit starkem Motor, Abb. 3, und eines Wagens mit schwachem Motor, Abb. 4, wenn sie möglichst die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h einhalten und die Geschwindigkeit nach der Vorschrift an jeder Straßenkreuzung auf rd. 20 km/h ermäßigen, beweist, daß der Wagen mit starkem Motor die Höchstgeschwindigkeit viel länger einhalten kann als der schwächere Wagen. Das verleitet aber die Führer von kleinen Kraftdroschken, nach Linie *b* in Abb. 4 zu fahren, also die zulässige Höchstgeschwindigkeit zu überschreiten und das Fahrtempo vor Querstraßen nicht genügend zu mäßigen, damit sie in bezug auf die Reisegeschwindigkeit den stärkeren Wagen nicht nachstehen.

Ein neuer Fahrpreisanzeiger für Kraftdroschken, der nur bis zu der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit den festgesetzten Preis, bei höherer Geschwindigkeit dagegen einen immer weiter abnehmenden Preis einstellt, soll dem entgegenwirken, indem er die Einnahme des Fahrers bei überschnellem Fahren vermindert.

Bei bester Ausrüstung mit Bremsen bleibt der Kraftwagen der Gefahr des Gleitens und Schleuderns ausgesetzt; diese kann nur durch Verbessern der Beschaffenheit und Reinigung der Straße und der Bereifung verringert werden. Die heute allgemein üblichen Ballonreifen bieten infolge ihrer größeren Auflagefläche und zweckmäßig geformten Laufflächen besseren Schutz gegen das Gleiten als die früheren Hochdruckreifen. Stahlnieten-Gleitschutzreifen, die man früher wegen ihrer größeren Reibung und höheren Kosten meist nur an zwei Rädern anordnete, nützten sich schnell ab und waren dann nur wenig gleitsicher, namentlich auf Glatteis und auf Schnee. Auch bei Ballonreifen muß man die Laufdecken erneuern oder mit neuem Belag versehen, wenn ihre Vorsprünge abgelaufen sind, da sonst das Gleiten leichter eintritt und auch der Luftschlauch platzen kann.

Für Lastkraftwagen und Omnibusse hat die Behörde seit einiger Zeit die Verwendung von Elastik- oder Luftreifen vorgeschrieben, die auch in bezug auf die Gefahr des Gleitens günstiger als harte Vollgummireifen sind. Daneben kann man hier der Gefahr des Gleitens durch selbsttätige Sandstreuer entgegenwirken. Eine solche von der Firma Adhästator, Charlottenburg, hergestellte Vorrichtung, Abb. 5 und 6, hat sich bei Versuchen gut bewährt. Sie besteht aus zwei Sandbehältern *a*, die nahe vor den Triebrädern des Fahrzeugs angebracht und an die Auspuffleitung *b* des Motors angeschlossen werden. Die Auspuffgase saugen das Streumittel durch ein Ventil in

Abb. 5
Autoschleuderschutz-Sandstreuer „Adhästator".

Abb. 6
Autoschleuderschutz-Sandstreuer „Adhästator".
a Sandbehälter
b Auspuffleitung
c Sandventil
d Streudüse

die Streudüse *d* und schleudern es bis unter das treibende Rad des Kraftwagens. Der Inhalt des Sandbehälters wird durch die Auspuffgase geheizt, so daß z. B. feuchter Sand nicht einfrieren kann. Das Sandventil wird mittels eines Handhebels nach Bedarf oder selbsttätig beim Betätigen einer Bremse geöffnet.

In bezug auf die Sicherheit der Lenkvorrichtungen gibt es heute noch verschiedene Ansichten darüber, welches Übersetzungsverhältnis der Schnecke vom Standpunkt der Sicherheit des Verkehrs am zweckmäßigsten ist. Eine niedrige Übersetzung hilft nämlich, Zusammenstöße im letzten Augenblick dadurch zu vermeiden, daß man das Lenkrad kurz herumreißt, sie begünstigt aber auch Unfälle, da schon ein verhältnismäßig schwacher Stoß gegen ein Vorderrad, z. B. beim Anfahren der Hinterachse eines vorbeikommenden Fahrzeugs gegen die Radnabe eines Vorderrades, Anprall an die Bordschwelle, einen Stein oder eine Unebenheit der Fahrbahn, dem Führer das Lenkrad aus der Hand schlagen und den Wagen auf kurze Zeit steuerlos machen kann. Zum Schutz gegen solche Unfälle ist vorgeschrieben, daß das Übersetzungsverhältnis der Schnecke oder Schraube „keinesfalls erheblich unter der Grenze der Selbsthemmung liegen" soll.

Ist aber die Lenkvorrichtung abgenutzt, so kommt es auf das Übersetzungsverhältnis weniger an als auf den toten Gang des Lenkrades. Nach einem Gutachten sachverständiger Mitglieder der Deutschen Auto-Liga soll die unwirksame Winkelbewegung des Lenkrades bei Personenwagen nicht über 20°, bei Omnibussen und Lastkraftwagen je nach ihrer Höchstgeschwindigkeit nicht mehr als 25 bis 30° betragen, wenn das Fahrzeug noch als verkehrsicher gelten soll.

Fehler der Lenkvorrichtung können ferner durch falsche Stellung der Vorderräder verursacht werden. Verbiegungen der Lenkhebel oder Gestänge, die z. B. beim Fahren gegen Bordsteine auftreten und oft nicht beachtet werden, können solche Mängel herbeiführen. Nach Einführung der Ballonreifen hat auch das Flattern der Vorderräder manche Schwierigkeiten bereitet. Diese Erscheinung wird durch oft schwer feststellbare Mängel des Lenkgestänges verursacht und stellt eine besondere Gefahr dar, weil sie bei gewissen Fahrgeschwindigkeiten plötzlich sehr stark auftritt und der Fahrer dann die Herrschaft über die Lenkung des Wagens verlieren kann.

Auch ungleiches Wirken der Bremsen infolge falscher Einstellung, ungleicher Abnutzung oder Verölen der Bremsflächen usw. verringern die Sicherheit der Lenkung des Wagens und steigern die Neigung zum Schleudern. Auf Glatteis und Schnee versagt oft die Lenkung, weil die Vorderräder gleiten oder der Hinterwagen schleudert. Solche Gefahren treten insbesondere auf kurvenreichen Gebirgstraßen auf. Man verwendet daher Schneeketten oder wickelt zur Not Seile um die Reifen.

Brände

Überraschend häufig treten noch Brandschäden auf, insbesondre solche, bei denen Wagen vollständig zerstört werden; oft kommen auch die Insassen in Gefahr, z. B. wenn der Wagen umstürzt und in Brand gerät. Nach § 3 der Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr[1]) müssen die Fahrzeuge „so gebaut, eingerichtet und ausgerüstet sein, daß Feuers- und Explosionsgefahr sowie jede Belästigung von Personen und Gefährdung von Fuhrwerken durch Geräusch, Dampf, Rauch oder Geruch ausgeschlossen ist". Danach sollten Brände höchstens durch Unachtsamkeit der Wagenführer, Unfälle oder Betriebstörungen eintreten können. Nach Angabe von Versicherungs-Gesellschaften sind aber immer noch 2 bis 3 vH der Schadenfälle Brandschäden, und die Entschädigungen dafür betragen rd. 15 vH der gesamten Schadensummen, wenn man davon absieht, daß der Besitzer des Wagens 20 vH des Schadens selbst zu tragen hat. Diese Bestimmung hat man getroffen, um die Wagenbesitzer zu größerer Vorsicht zu zwingen.

Die Mehrzahl der Brände ist auf Unvorsichtigkeit zurückzuführen, da nur wenige Wagenführer die Feuergefährlichkeit der Kraftstoffe genügend einschätzen. Brände an Kraftwagen entstehen durch elektrischen Kurzschluß, durch Überlaufen von Brennstoff aus dem Vergaser, beim Reinigen mit Waschbenzin, manchmal durch schleichende Brennstoffdämpfe, die in ruhiger Luft am Boden bis zu entfernten Zündstellen dringen, sich dort entzünden und die Flamme fast augenblicklich verbreiten.

Beispiele: Beim Anzünden einer Lötlampe auf dem Fußboden einer etwa 20 m langen Halle flammte der Fußboden auf. Zu gleicher Zeit entstand ein Brand unter einem Kraftwagen am anderen Ende der Halle. Der Benzinbehälter des Wagens hatte über Nacht getropft, die Dämpfe hatten sich über dem Fußboden verbreitet.

Ein Fahrer reinigte im Wagenschuppen seine Kleider mit Benzin. Danach steckte er außerhalb des verschlossenen Schuppens eine Zigarette an. Das vor dem Tore fortgeworfene Streichholz entfachte im Schuppen einen Brand, dem das ganze Gebäude mit mehreren Kraftwagen zum Opfer fiel.

Kraftstoffbrände kann man nur löschen, indem man die Luft abschließt. Dazu dienen nichtbrennbare Gase, Flüssigkeiten, Schaum aus solchen Flüssigkeiten und Pulver. Bei manchen Feuerlöschern sind zwei solcher Mittel vereinigt. Als Schutzgas dient meist Kohlensäure, die, schwerer als die Luft, diese vom Brandherd verdrängt; Ammoniak, Salmiakgeist und Stickstoff wirken ähnlich. Eine geeignete Löschflüssigkeit ist auch Tetrachlorkohlenstoff; er entwickelt in der Wärme schnell Dämpfe, die wie Schutzgase wirken. Auch doppeltkohlensaures Natron, kohlensaures Ammoniak und Seifenschaum sind brauchbare Löschmittel für brennende Kraftstoffe.

RZ 2160 Z7

Abb. 7
Selbsttätiger Feuerlöscher „Phylax".

Bemerkt man den Brand im Kraftwagen auf der Landstraße, so stelle man den Wagen möglichst sofort mit dem Hinterteil gegen den Wind; man lasse ihn dann nicht im Stich, da zunächst keine Explosionsgefahr besteht, sondern stelle die Brennstoffleitung ab; der Motor soll weiterlaufen, damit er die Reste von Brennstoff aus dem Vergaser absaugt. Sodann trachtet man, den Brand mit dem Feuerlöscher, mit Tüchern, Sand, Erde oder dergl. zu ersticken. Da der Hahn der Brennstoffleitung nicht leicht zu erreichen ist, stellt die Metallwarenfabrik C. Kretz in Eutingen, Baden, eine Vorrichtung her, die den Brennstoffhahn nach Druck auf einen Knopf oder selbsttätig schließt, wenn der Brand eine Schmelzsicherung auslöst.

Die meisten Brände entstehen durch Zurückschlagen der Flamme aus dem Motor in den Vergaser, wenn ein Einlaßventil undicht ist oder sich nicht ganz schließt oder zu dünnes Brennstoffgemisch im Motor lange nachbrennt. Beim Rückschlagen treibt die Flamme den Brennstoff aus dem Vergaser und dessen Luftvorwärmerrohr heraus. Während der Fahrt abtropfender Brennstoff kann sich auch an der Auspuffleitung, am Unterbrecher des Zündmagneten oder an den Klemmen der Lichtdynamo entzünden. Die Brennstoffleitung muß daher dicht sein. Aus dem Luftrohr des Vergasers soll der darin oft angesammelte Brennstoff

[1]) Die neueste Fassung stammt vom 16. März 1928, Reichsgesetzblatt I S. 14 und 66.

Abb. 8
Straßensperrung durch vier Wagen bei der Vorfahrt von rechts, die bei der Vorfahrt von links nicht vorkommen kann.

Abb. 9
Selbstleuchtendes Straßenzeichen nach Merkel bei Tag.

Abb. 10
Selbstleuchtendes Straßenzeichen nach Merkel bei Nacht.

möglichst unmittelbar ins Freie ablaufen und sich nicht auf dem Blechschutz unter dem Motor ansammeln. Größere Brände an Kraftwagen kann man auch vermeiden, wenn man für die Stirnwand und den Fußboden, besonders den am Führersitz, kein Holz verwendet.

Das Mitführen eines Feuerlöschers im Personenkraftwagen ist in Deutschland im Gegensatz zu andern Ländern nicht vorgeschrieben. Die meisten Versicherungs-Gesellschaften verzichten daher auf die Beteiligung des Wagenbesitzers an den Kosten des Brandschadens, wenn unter der Motorhaube ein selbsttätiger Feuerlöscher, Abb. 7, eingebaut ist. Mit solchen Feuerlöschern der Feuerlösch-Automaten-Baugesellschaft, Berlin, sollen schon über 25 000 Kraftwagen ausgerüstet sein. Der Löscher wird so angebracht, daß sich seine Düse auf den Vergaser richtet. Er wird durch Zündköpfe ausgelöst, die über dem Vergaser und unter oder hinter dem Motor angebracht sind. Beim Auslösen eines Zündkopfes schleudert der Löscher ein Pulver unter die Motorhaube, das durch Verdrängung des Sauerstoffes den Brand erstickt.

Unfällen durch den Kohlenoxydgehalt der Auspuffgase soll die Vorschrift vorbeugen, daß die Türen oder Wände von Kraftfahrzeugschuppen unten Öffnungen haben sollen, durch die Kohlenoxyd abziehen kann. Die Gase können aber auch in tief liegende Wohn- und Arbeitsräume dringen und bei Windstille sich über ganze Straßen lagern, die stark befahren werden. Da die Motoren- und Vergaserfabriken sowie die Besitzer von Kraftwagen großes Gewicht auf Sparsamkeit mit Kraftstoffen legen, braucht man diese Gefahr nicht zu überschätzen. Behördliche Maßnahmen können hier nicht viel helfen, da die sichtbaren Öldämpfe im Auspuff weniger gefährlich sind als das unsichtbare Kohlenoxyd.

Zusammenstöße

Die Gefahren von Zusammenstößen werden durch Stoßfänger aus Federstahl vorn und auch hinten am Wagen, neuerdings auch solche aus Gummi, gemildert. Stöße mit großer Geschwindigkeit kommen selten vor, da die Wagengeschwindigkeit schon vor dem Anprall durch Bremsen vermindert wird. Sind dagegen keine federnden Stoßfänger vorhanden, so können die Insassen schon bei 10 km/h Geschwindigkeit von den Sitzen geschleudert werden.

Gegen Verletzungen durch Splitter von Glasscheiben schützt das nicht splitternde Kinonglas, das auch gegen Steinwürfe u. dergl. schützt.

Gegen Unfälle beim Andrehen von Motoren sollen nach den gesetzlichen Vorschriften rückschlagsichere Andrehkurbeln schützen. Die Vorschrift konnte aber bisher nicht durchgeführt werden, weil erst in der neuesten Zeit brauchbare technische Lösungen bekannt geworden sind, die aber auch noch verwickelt und schwer sind. Die Berufsgenossenschaften haben die „Präwag"-Kupplung der Präzisions-Werkzeug- und Apparatebau-G. m. b. H., Frankfurt a. M., als brauchbar anerkannt.

Durch das Platzen eines Reifens, Knallen des Vergasers oder des Auspuffs können Tiere scheu und Menschen erschreckt werden.

Da nachts jedes Licht blendet, das in der Dunkelheit schnell auftritt, z. B. in einer Straßenbiegung, so ist die Vorschrift wichtig, daß beim Begegnen andrer Fahrzeuge sofort abgeblendet werden soll. Allerdings leuchten viele Scheinwerfer auch „abgeblendet" noch zu stark. Bei den größeren Scheinwerfern der Firma Zeiß A.-G., Jena, schiebt man, um abzublenden, ein rötlich-gelbes Glasfilter über die Glühlampe. Das gelbe Licht blendet nicht und leuchtet doch soweit, daß man Hindernisse auch bei schnellerem Fahren rechtzeitig erkennt. Auch durch Nebel dringt das gelbe Licht besser.

Zu den Neuerungen, die die Sicherheit des Kraftverkehrs verbessert haben, gehören ferner Winker zum Anzeigen von beabsichtigten Richtungsänderungen. Sie haben auch bei den Fahrern Anklang gefunden, obwohl sie, besonders im Stadtverkehr, die Handhabung des Wagens erschweren. Der gebräuchliche Winker besteht aus einem seitlichen, von unten her in die wagerechte Stellung herausschwenkbaren Arm von rd. 30 cm Länge, der am freien Ende oder in der ganzen Länge auch bei Tage von innen her rot beleuchtet wird. Der aus der Batterie zugeführte Strom schaltet sich beim Ausschwenken des Armes selbsttätig ein. Seit der Einführung der Winker haben die Zusammenstöße beim Wenden oder Einbiegen in Seitenstraßen bedeutend abgenommen; auch Unfälle von Personen werden dadurch vermieden, daß die Winkzeichen beachtet werden.

Unfälle infolge von Werkstoff- oder Arbeitsfehlern sind auch im Verhältnis zu der Zahl der vorhandenen Kraftwagen noch zu häufig, weniger durch Bruch der Vorderachse, die zumeist aus vergütetem Chromnickelstahl besteht und rißfreies Verbiegen oder Verdrehen um 90° und darüber in kaltem Zustande zuläßt, als an Lenkrädern, die in der Hand des Führers brechen können, Wagenrädern aus Holz oder ungenügend geschweißtem Stahlblech, Achsschenkeln, deren Hohlkehlen mitunter zu scharf sind, Lenkteilen und Leitungen.

Durch Unfälle auch nur wenig verbogene Achsschenkel darf man natürlich nicht richten. Mittelachsen nur dann, wenn sie um höchstens 10° verbogen sind, und niemals durch Hämmern. Vorsichtige Fahrer sollten grundsätzlich nur ¾ der Höchstgeschwindigkeit ausnutzen, die der Wagen erreichen kann, damit seine Teile nicht zu hoch beansprucht werden.

Die Straßen

Über Mängel der Straßen wird noch vielfach geklagt. Kürzlich haben die Spitzenverbände des Kraftfahrwesens eine Entschließung gegen den für den Kraftverkehr zu

tten Stampfasphaltbelag veröffentlicht, worin das künst-
ne Aufrauhen solcher Straßen verlangt wird. Die Er-
onisse der Arbeiten der Studiengesellschaft für Automo-
straßenbau werden mit großer Sehnsucht erwartet, da
mer wieder Straßen mit nicht genügend haltbaren und
sicheren Decken angelegt werden.

Durch Unübersichtlichkeit von Straßenkreuzungen
rden oft Unfälle herbeigeführt. Die Abrundungen der
aßenecken, die nur 1 m Halbmesser und weniger be-
gen, müßten viel größer sein; das würde die Unfallge-
r mindern und die Wagen schonen.

Begegnen sich zwei Fahrzeuge an einer Straßen-
euzung, so hat nach der geltenden Vorschrift der auf
er Hauptverkehrsstraße fahrende Wagen, also auch der
n links kommende, sonst aber der von rechts kom-
nde die Vorfahrt; die Unterscheidung zwischen Haupt-
d anderen Straßen ist aber oft schwer, namentlich für
emde. Die vielen Unfälle an Straßenkreuzungen kom-
n meist daher, daß der zuerst ankommende Fahrer glaubt,
ch zuerst über die Kreuzung hinwegfahren zu dürfen.
e Zahl dieser Unfälle könnte vielleicht vermindert und
Vorschrift vereinfacht werden, wenn man ganz allge-
in dem von links kommenden Fahrzeug das Recht der
rfahrt zusprechen würde, s. Abb. 8.

Unfälle an Bahnübergängen sind noch sehr
ufig. Selbst an bewachten Schranken der Deutschen
ichsbahn sind allein vom 1. Januar 1927 bis Anfang Mai
28 nicht weniger als 1100 Unfälle vorgekommen. Dabei
gibt es in Deutschland rd. 70 000 Bahnübergänge, von
denen rd. 40 000 keine Schranken haben. Oft ändern Klein-
bahn- und Straßenbahnlinien, die meilenweit neben der
Landstraße hinter den Baumreihen einherführen, plötzlich
ihre Richtung und führen quer über die Straße. An anderen
Stellen führt eine Linie, die durch Wald oder Gebirge ver-
deckt war, unvermutet hinter einer Krümmung über die
Straße. Bei Nacht und unsichtigem Wetter kann der
Führer eines Kraftwagens dadurch getäuscht werden, daß
eine Bahnlinie, auch eine Baumreihe oder eine Telegra-
phenleitung, neben der Landstraße geradeaus weiterführt,
während die Landstraße abbiegt.

Die neue Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung trägt
der Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr Rechnung. Warn-
kreuze sollen auch bei Nebenbahnen an verkehrsreichen
oder unübersichtlichen Übergängen aufgestellt werden.
Ebenso wichtig ist das Sichtbarmachen der Übergänge; als
Vorsignale werden die internationalen Dreiecktafeln mit
rotem Rand in 150 bis 250 m Abstand aufgestellt.

Es ist beabsichtigt, die Vorsignale durch Rückstrahlen
des von den Scheinwerfern oder der Sonne auftreffenden
Lichtes selbstleuchtend zu machen. Dazu dienen halb-
kugelige oder linsenförmige Glaskörper von 2 bis 3 cm Dmr.
mit hinterem Spiegelbelag, die den Umriß und das Zeichen
der Tafel bedecken; nach dem Verfahren der Firma Georg
Merkel, Mannheim, Abb. 9 und 10, stellt man die Tafel
und ihr Zeichen aus Drahtglas mit farbigem Grund her,
das zum Schutz gegen Blendung gebutzt ist. [B 2160]

Tankanlagen für Kraftfahrzeuge

Von Oberregierungsrat Walther, Berlin

Sicherung der Behälter durch Schutzgas, Kiestöpfe oder Flüssigkeitsvorlagen, Benzindampf, Luftgemisch und Wasserfüllung. —
Zapfen des Brennstoffs mit Zwillingsmeßgefäßen, Bauart Werner, Prometheus, Salzkotten, und mit Benzinmesseruhren.

Bei den Tankanlagen ist auf sichere Lagerung und
rasche, einfache, verlustlose und billige Abgabe
und Verteilung der Brennstoffe zu achten. Zu-
chst soll

die sichere Lagerung

handelt werden.

Früher war polizeiliche Vorschrift, daß der Brenn-
offbehälter bei der Entnahme des Brennstoffes
cht mit Luft, sondern mit einem neutralen Gas, Kohlen-
ure oder Stickstoff, ausgefüllt wurde. Zweifellos
tet diese Art einen hohen Grad von Sicherheit, da sich
dem Behälter wohl Benzindämpfe mit dem neutralen
s mischen können, diese Mischung aber niemals ohne
tritt von Luft brennen kann und auch bei Zutritt von
ft nicht explosionsfähig wird. Aber das ständige Be-
thalten des neutralen Gases erschwert den Betrieb,
Verbrauch des Gases verteuert ihn, und wenn im
lle des Fehlens des Gases doch gezapft werden kann,
ist überhaupt keine Sicherung vorhanden.

Wo aber nach Erleichterung der Aufstellbedingungen
strebt wird, werden die Anlagen von der Fabrik
plosiver Gefäße, Salzkotten, noch mit Schutzgas ge-
ut. Abb. 1 zeigt eine Ausführungsform, bei der in ge-
hickter Weise das die Zapfleitung umgebende Mantel-
hr mit Schutzgas zum Einfüllen der Flüssigkeit in den
hälter benutzt wird. Der Lagerbehälter wird ohne
hraufwand an Leitungen wesentlich schneller als mit-
s der Zapfleitung gefüllt. Zum Einfüllen von Flüssig-
it aus dem Transportfaß wird der Schlauch des Faß-
bers mit dem Absperrventil verbunden. Das Faß wird
iter durch einen Schlauch an die vom Behälter zum
haltanzeiger führende Leitung angeschlossen. Nach
fnen des Ventils wird der Heber in Gang gesetzt, und
s aus dem Behälter verdrängte Schutzgas geht in das
ß hinüber.

Die jetzigen polizeilichen Vorschriften suchen nicht
s Bilden eines explosionsfähigen oder auch nur brenn-
ren Gasgemisches in dem Lagerbehälter zu verhindern,
ndern das Hineinschlagen einer Flamme
möglich zu machen. Deswegen haben die Firmen im
Verein mit der Chemisch-Technischen Reichsanstalt in
Berlin in sorgfältig durchgeführten Untersuchungen
durchschlagsichere Vorrichtungen erprobt, die an Stelle
der Davyschen Sicherheitssiebe Töpfe mit Kies, Raschig-
Ringen oder ähnlichen Körpern, Metalldraht- oder Metall-
röhrenbündeln von bestimmter Größe oder Flüssigkeits-
verschlüsse erhalten haben.

Am gefährlichsten wirken, wie die Chemisch-Tech-
nische Reichsanstalt festgestellt hat, Explosionswellen,
die in den mit explosionsfähigem Gasgemisch gefüllten
Leitungsrohren entstehen. In den Rohren bildet sich,
wenn der flüssige Brennstoff zurücksinkt, oder wenn sie
von vornherein leer sind, durch Verdampfen des Benzins
oder Benzols mit der Luft ein Gasgemisch, das nur in
engen Grenzen explosionsfähig ist, dem aber Rechnung
getragen wird. Die Grenzen sind für Benzin etwa 1,5
bis 5,5 vH, für Benzol 2,5 bis 7 vH.

Für die Lagerung ist der Umstand sehr günstig, daß
in den praktisch vorkommenden Fällen der Sättigungs-
zustand bedeutend höher liegt, daß also ein Explosions-
gemisch nur ausnahmsweise in den Rohren oder im Be-
hälter vorhanden ist. Schlägt aber eine Flamme in ein
mit Explosionsgemisch gefülltes Rohr, so pflanzt sich die

Abb. 1
Schutzgasverfahren
der Fabrik explosions-
sicherer Gefäße
G. m. b. H., Salzkotten.

Explosionswelle mit zunehmender Geschwindigkeit in dem Rohr fort, bis sie ihre Höchstgeschwindigkeit erreicht hat, was ungefähr nach 4 m Länge der Fall ist. Dieser größten Anlaufgeschwindigkeit soll nun möglichst die Sicherung widerstehen können.

Aus technischen Gründen könnte man wohl bei einigen Rohren ein Davysches Sicherheitssieb gleich an der Mündung anbringen, so daß gegen das Sieb nur eine einfache Flamme ohne Anlaufgeschwindigkeit schlagen würde, aber bei Beschädigung des Rohres bei einem Brande würde der Zugang zu dem Behälter ungesichert sein. Es könnte sich eine Explosionsflamme bilden, die durch ein Sicherheitssieb nicht aufgehalten werden kann; infolgedessen sind durchschlagsichere Einbauten, und zwar mit Rücksicht auf die Brandgefahr unter Flur, die Regel.

Ist so das Hereinschlagen einer Flamme von außen verhindert, so muß man auch gegen das Entstehen eines Funkens im Innern des Behälters Vorsorge treffen. Dieser Funke kann durch elektrische Entladung entstehen. Beim Fließen von Benzin in Rohrleitungen bildet sich Reibungselektrizität, das Benzin wird negativ, das Rohr oder der Behälter positiv elektrisch.

Durch Versuche ist nachgewiesen, daß schon bei einer Fließgeschwindigkeit von 1,2 m/s so hohe Spannungen entstehen, daß mit dem Knöchel Funken aus der Rohrwand gezogen werden können. Diese Gefahr läßt sich aber ohne weiteres vermeiden, wenn der Behälter wie bei einer Blitzschutzanlage sicher geerdet wird. Auch sämtliche Benzin führenden Rohre sind so zu behandeln, es genügt aber, sie mit dem geerdeten Behälter leitend zu verbinden.

Das Benzin gibt seine Spannung beim Durchfließen der Rohre an deren Wandung ab, zur Sicherheit aber wird das Einfüllrohr bis dicht über den Boden des Behälters herabgeführt, damit noch in dem Benzin vorhandene Spannung über den Behälter abgeleitet wird.

Der Lagerbehälter wird mit Rücksicht auf Feuergefahr 1 m hoch mit Erde überdeckt, und die nach oben führenden Rohre sind über der Erdoberfläche 10 bis 25 cm hoch durch Mauerwerk gegen Beschädigungen zu schützen.

Durch diese behördlichen Vorschriften ist die Gesamtanordnung der Zapfanlagen im wesentlichen festgelegt, so daß sie im Aufbau alle einander ähneln. Die Gesamtanordnung wird z. B. für zwei nebeneinander liegende Behälter in Abb. 2 wiedergegeben, die die Tankanlage der Firma C. H. Jucho in Dortmund zeigt. Da von den Kraftfahrern vielfach Benzin oder Benzol verlangt wird, so ist die Zapfstelle für beide Kraftstoffarten eingerichtet. Die beigefügten Bezeichnungen geben über die Anlage Aufschluß.

Da nunmehr das Hauptgewicht in der Lagersicherung auf flammenlöschende Vorrichtungen gelegt wird, so sind diese Gegenstand eingehender Untersuchung geworden. Bei Kiestöpfen muß die zu durchschlagende Kiesschicht um so stärker sein, je gröber der Kies ist und je größer demzufolge der gasgefüllte Raum zwischen den einzelnen Kiesstückchen ist. Die Flamme bricht am Rande des Gefäßes am leichtesten durch, da sie hier am wenigsten in der Bahn abgelenkt wird, und bei runden Kieskörnern die Berührung zwischen Kieskorn und Wandfläche nur auf kleiner Fläche stattfindet, so daß die Flamme hier nicht auf viel Kies trifft. Es sind daher flächige Kiesstückchen runden vorzuziehen, wie denn auch Metallkörper als Füllkörper an Stelle des Kieses nicht die Kugel-, sondern die Ringform erhalten, die sich breit an die Gefäßwandung anlegen kann. Vor allem muß aber auch der Kies den Topf ohne Hohlraum vollständig ausfüllen.

Abb. 3 stellt einen sogen. nassen Kiestopf der Firma Werner Handelsgesellschaft, Düsseldorf, dar. Zwischen den beiden Siebflächen *a* und *b* befindet sich der Kies, und im unteren Teil des Topfes steht bis zur Höhe des eingeführten Saugrohrs Benzin, wobei die Öffnung des Saugrohrs durch eine Kappe *c* abgedeckt ist. Auch bei leergepumptem Vorratbehälter bleibt das Benzin stehen, so daß eine Explosionsflamme stets auf eine Flüssigkeits-

Abb. 2
Tankanlage der Firma Jucho, Dortmund.

a Doppel-Meßgefäß 2 × 5
b getrennte Zählwerke
c Entleerungshahn
d Rücklauf-Regelhahn
e Flügelpumpe
f Flüssigkeitsfilter
g Faßeinfüllung
h Absperrhahn
i Be- und Entlüftung
k Sicherheitstopf
l Saugleitung
m Peilvorrichtung
n Tankwageneinfüllung
o Entlüftungsleitung
p Abdeckplatte

Abb. 3
Nasser Kiestopf der Werner Handelsgesellschaft in Düsseldorf.

a oberes Sieb
b unteres „
c Schutzkappe

vorlage trifft, die stark abkühlend wirkt und sich [...] sehr wirksam gegen ein Durchschlagen der Flamme [...] sorgfältig durchgeführten Erprobungen der Chemisc[...] Technischen Reichsanstalt erwiesen hat. Da das E[...]lüftungsrohr zugleich zum Zurückfließen des zuviel [...] das Meßgefäß gepumpten Benzins benutzt wird, so [...] auch beim Einbau in das Entlüftungsrohr für ein[...] nassen Kiestopf gesorgt; ebenso für das Peilrohr, da [...] als Füllrohr benutzt wird.

Die Zusammenstellungszeichnung der Sicherung[...] Abb. 4, zeigt die Ausbildung der in das Saugrohr und [...] das Füllrohr eingebauten Bergerschen Flüssigkeitsv[...]schlüsse, die auch bei leergepumptem Behälter ihren Inh[...] behalten, so daß sie ihre Wirksamkeit nie verlieren. D[...] Peilrohr erhält als Sicherung Siebzylinder mit Messi[...]netzen, das Entlüftungsrohr einen Kiestopf, dessen G[...]häuse zur Vermeidung eines schädlichen Explosionsrau[...] ohne Verwendung einer Patrone vollständig mit Kies [...]füllt und oben und unten zum leichten Wechseln der Ki[...]füllung mit Füll- und Entleerschrauben versehen ist.

Abb. 4
Durchschlagsicherungen, Bauart Berger.

a Kiestopf für Belüftung
b, *c* Sicherheits-Durchschlagtöpfe
d Rückschlagventil
e Einfülleitung
f Überlauf
g Saugleitung
h Peilrohr
i Gasgemischraum (explosiv)

Abb. 5
Sicherungen der Fabrik explosionssicherer Gefäße G. m. b. H., Salzkotten.

a Saugrohr
b Peilrohr
c Syphonverschluß mit eingebautem Fußventil
d Einfüllrohr
e Kiestopf für die Lüftleitung

Die Fabrik explosionssicherer Gefäße G. m. b. H. in Salzkotten verwendet als Sicherungen einen Syphonverschluß mit eingebautem Fußventil, Abb. 5.

Bei Verwendung von Motorpumpen besteht die Gefahr, daß während des Arbeitsgangs Benzingase und selbst Benzin durch die Stopfbüchsen dringen. Ja sogar wenn sich eine Trennwand zwischen Motor und Pumpe befindet, ist die Gefahr nicht völlig beseitigt, weil die Abdichtungen an den Wellendurchführungen nicht gasdicht sind. Zur Vermeidung der bereits mehrfach im In- und Ausland aufgetretenen Motorpumpen-Explosionen schaltet die Firma Berger zwischen den Stopfbüchsen der Pumpe und der Wanddurchbrechung eine Glyzerinvorlage ein, die Dämpfe absorbiert oder Flüssigkeit auffängt, Abb. 6. In dem mit dem Behälter verbundenen Steigrohr steigt das leichtere Benzin hoch, so daß hieran erkannt werden kann, ob die Stopfbüchsen undicht sind. Mit dieser Schutzkammer ist es also möglich, elektrisch betriebene Anlagen völlig gefahrlos zu benutzen.

Die Prometheus-Werke, A.-G., in Hannover-Herrenhausen sehen außer der Sicherung durch Kiestöpfe auch

Abb. 6
Explosionssichere Motorpumpenanordnung mit Schutzkammer, Patent Berger.

noch ein Schutzgas vor, und zwar mit Benzindämpfen gemischte Luft, wobei die Luft durch eine Sättigertasse streicht, so daß gleich die einströmende Luft mit Benzindampf gesättigt wird. Wird nun die Luft durch ein Rohr am Boden des Benzinbehälters zugeführt und dafür Sorge getragen, daß die aufsteigenden Luftblasen durch feinmaschige Siebe zerteilt werden, so hat die Luft auf ihrem langen Wege durch die künstlich mit Benzin vollgehal-

Abb. 7
Tankanlage der Prometheus-Werke in Hannover-Herrenhausen.

a Doppelmeßgefäße
b Schauglas
c Flügelpumpe
d Zählwerk
e Rücklaufhahn
f Rückschlagventil
g Überlaufleitung
h Einfülleitung für Tankwagen
i Einfüllstutzen zum Abfüllen ins Transportgefäß
k Zapfschlauch
l Siebfilter
m Kiesfilter
n Peilvorrichtung
o Entlüftungsfilter
p Beleuchtung

tene Sättigertasse Gelegenheit, sich mit Benzindämpfen anzureichern.

Man will hierbei von vornherein sicherstellen, daß der Gehalt der Luft an Benzingasen weit mehr als 7 vH beträgt, da in diesem Falle das Benzindampf-Luftgemisch nicht explosionsfähig, sondern nur brennbar ist. Meistens gelingt dies auch, nur wenn das Benzin eine Temperatur unter 0 ° hat, so entwickelt es so wenig Benzindampf, daß der Gehalt leicht unter diese Grenze sinkt. Benzol aber entwickelt so schwer Dämpfe, daß der Gehalt im Luftgemisch schon bei einer Temperatur unter 12 bis 14 ° unter 7 vH sinkt. Sollte also eine Flamme hereinschlagen, so ist zu erwarten, daß das Gemisch mit schwacher Flamme brennt und aus Mangel an zuströmender Luft nach dem Abbrennen zum Erlöschen kommt.

Dementsprechend zeigt Abb. 7 das Be- und Entlüftungsrohr bis auf den Boden des Behälters heruntergeführt. An der obersten Stelle des Rohres im Behälter zweigt ein kurzer Stutzen ab, aus dem die Luft aus dem äußeren Rohr in den Behälter tritt, nachdem sie im inneren Rohr bis tief in den Behälter hineingeführt ist. Der Zwischenraum zwischen den beiden Behälterrohren bildet die Sättigertasse.

Eine letzte Art der Sicherung besteht darin, daß beim Abzapfen des Benzins aus dem Behälter die Bildung eines Raumes für Benzindampf-Luftgemisch vermieden wird. Das geschieht dadurch, daß in den unteren Teil des Lagerbehälters Wasser eingeführt wird. Das Wasser und das spezifisch leichtere Benzin oder Benzol mischen sich nicht, sie berühren sich in scharfer Trennungsfläche.

Das Zapfen des Brennstoffes

Die Firma Werner, Handelsgesellschaft in Düsseldorf, baut Tankanlagen nach Abb. 8. An der rechten Seite führt eine gewöhnliche Wasserleitung zu einem hochgelegenen Wasserbehälter mit Schwimmerventil. Das Wasser fließt dann unter ständigem Druck bei geöffneter Zuleitung in den unteren Teil des Benzinbehälters. Das Ende ist durch einen Kugelkäfig abgeschlossen, und die hierin spielende Schwimmkugel ist derart in ihrem Gewicht abgestimmt, daß sie im Wasser schwimmt, in dem leichteren Benzin aber niedersinkt und die Öffnung verschließt.

Das Benzin steigt in einer Leitung zunächst über den Wasserbehälter hoch, fällt wieder herunter und geht dann endgültig zu den Meßgefäßen hoch. Schwimmkugel und hochgezogene Benzinsteigleitung dienen dem gleichen Zweck, nämlich beim Zapfen das unerwünschte Eintreten von Wasser in die Leitungen zu verhindern. Soll Benzin abgezapft werden, so wird nur der Zapfhahn geöffnet, und das unter dem Druck des Wassers stehende Benzin fließt aus. Ist sämtliches Benzin aus dem Behälter herausgedrückt, so wird der Zapfvorgang unterbrochen, da das Druckwasser nur bis zur Höhe des Wasserbehälters steigen kann, nicht aber bis zur Höhe des darüber liegenden Krümmers, der nur durch das spezifisch leichtere Benzin erreicht wird.

Soll Benzin eingefüllt werden, so wird das Wasserkontrollventil so gesteuert, daß der Lagerbehälter freien Ausfluß hat, so daß das aus einer größeren Höhe kommende Benzin das Wasser aus dem Lagerbehälter verdrängt und in einen Kanal abfließen läßt. Kommt dann die Trennungsfläche zwischen Benzin und Wasser an die Schwimmkugel, so sinkt diese mit dem fallenden Trennungsstrich und schließt die Mündung des Wasserleitungsrohres ab, bevor noch das Benzin die Mündung erreicht hat.

Für den Fall, daß im Garagengebäude oder in dessen näherer Umgebung Feuer ausbricht, sind Schmelzsicherungen mit Weichlot von 60 °C Schmelztemperatur vorgesehen, die den Hahn *l* schließen, so daß die Zazfleitung verschlossen ist, und eine Klappe in der Wasser-Falleitung öffnen, damit das im Behälter stehende Benzin nicht unter Druck steht.

Das Zapfen von Benzin mittels Druckwassers hat außer dem hohen Gerad von Sicherheit wegen des Fehlens von gaserfüllten Räumen noch weitere Vorteile: Die oberste Schicht des Benzins, dessen Unreinlichkeiten si unten abgesetzt haben, kommt zur Ausgabe; ferner wi ohne gefährlichen Motorbetrieb gearbeitet, wenn Har antrieb nicht genommen werden soll.

Zu beachten sind die starken Anfressungserscheinu gen an der Trennungsfläche zwischen Benzin und W ser. Schwimmer aus Messing sind hier glatt durc schnitten worden, Ausführung in Glas hilft dem aber a

Die Firma Martini & Hüneke in Berlin baut Wasse druckanlagen mit selbsttätigem Wassersteuerventil, d nach der Benzinentnahme den Behälter selbsttätig druc los macht und außerdem im Falle, daß während des Za fens Feuer ausbricht, das Zapfen ebenfalls selbsttät unterbricht. Die Wasserleitung ist unter die Er gelegt, um der Gefahr des Einfrierens zu begegnen. D Benzinsteigleitung ist in der Ruhe stets leer.

Die deutschen Vorschriften sind in enger Zusamme arbeit der Behörden, der Ölgesellschaften und der Tan stellen bauenden Firmen entstanden und sichern die A lagen in durchaus zuverlässiger Weise. Wenn darüb hinaus besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, s können schmalere Schutzstreifen oder größere Lage mengen zugelassen werden, als vorgeschrieben ist.

Abb. 8
Schema der hydraulischen Tankanlage der Firma Werner, Handelsgesellschaft.

a Belüftungskappe
b Kiesfilter
c Luftleitung
d Wasserbehälter mit Schwimmerventil
e Erweiterung in der Benzinsteigleitung
f Zapfstelle
g Feuerschutz
h Benzinfalleitung
i Überlaufleitung
k Wasser-Falleitung
l Sicherheitshahn
m Wasserkontrollventil
n Schwimmkugelventil

Bei der Ausführung der Firma Werner, Handelsgesel schaft, Abb. 9, fließt der zuviel in ein Meßgefäß gepump Brennstoff durch den Überlauf in einen Behälter, der fü gewöhnlich durch einen Schwimmer verschlossen ist. De Brennstoff hebt den Schwimmer und fließt durch die B und Entlüftungsleitung in den Lagerbehälter zurück. D beim Füllen des Meßgefäßes verdrängte Luft kann abe nicht in das Be- und Entlüftungsrohr entweichen, da d Schwimmerventil jetzt noch geschlossen ist, und die ve drängte Luft wird in das andre Meßgefäß hinüberg drückt, das gerade entleert wird (Patent Gouvion Dieser Druck, der bei schnellem Pumpen bis zu 4 steigen kann, beschleunigt natürlich sehr den Ausla der Flüssigkeit, so daß 35 bis 40 l/min abgegeben we den können.

Abb. 9
Zwillingsmeßgefäß der Firma Werner, Handelsgesellschaft.

a Schauglas
b Standhöhe für 5 l
c Überläufe
d Luftventil
e Be- und Entlüftungskopf
f Kiesfilter
g Be- und Entlüftungsleitung
h Meßgefäße
i Ablauf
k Auslauf
l Rückschlagventil
m Pumpe
n Filter
o Saugstutzen

Abb. 10
Zwillingsmeßgefäß der Fabrik explosionssicherer Gefäße, Salzkotten.

a Ventilteller zum Abschluß der Überlaufleitung
b Ventilteller zum Abschluß des Meßgefäßes gegen Pumpenstöße

Beim Meßgefäß der Prometheus-Werke in Hannover-Herrenhausen spielt sich der Füllvorgang so ab, daß der in das eine Meßgefäß gepumpte Kraftstoff den Schwimmer mitnimmt, so daß die Luftüberführungsleitung durch den Ventilstift verschlossen wird, ehe Flüssigkeit durch die Leitung in das andre Gefäß dringen kann. Der Schwimmer aus getränktem Kork, rot lackiert, erscheint nach der Füllung im Schauglas, so daß der Kraftstoffkäufer die Füllung sofort wahrnehmen kann. Wird bei gefülltem Gefäß weitergepumpt, so öffnet sich die Abschlußkugel der Überlaufleitung, und der zuviel gepumpte Kraftstoff fließt in den Vorratbehälter zurück. Luftblasen werden durch die Überlaufleitung abgeschieden, und es bildet sich kein Schaum, so daß der Flüssigkeitsspiegel ruhig bleibt und scharf zu erkennen ist. Daher kann sofort nach Beendigung des Füllvorgangs die genaue Füllung des Meßgefäßes erkannt werden.

Bei den Zwillings-Meßgefäßen der Fabrik explosionssicherer Gefäße G. m. b. H., Salzkotten, Abb. 10, wird gegen Ende der Füllung der Hauptteil des Meßgefäßes gegen den mit der Entlüftung und mit dem Überlauf in Verbindung stehenden Auslaufhals durch einen Ventilteller abgeschlossen, der nur noch durch kleine Bohrungen die Füllung des Auslaufhalses zuläßt. Der Ventilteller ist in ein mitten durch das Meßgerät gehendes Rohr geführt, das unterhalb der gezeichneten Offenstellung des Ventils mit dicht nebeneinanderliegenden größeren Bohrlöchern versehen ist, um der Flüssigkeit freien Durchtritt zu gewähren, oberhalb der Ventilstellung aber nur mit feinen Bohrungen, die die Luft- und Gasblasen durchtreten lassen.

Die gegen das Ventil stoßende Flüssigkeit nimmt es in die Schließstellung mit, der Hauptstrom ist dadurch unterbunden, und die Füllung des Halses bis zum Überlauf findet dann ohne Sprudeln und Schäumen in ruhigem, schnellem Steigen statt. Zugleich mit dem oberen Ventilteller wird aber auch der untere am Einlauf der Flüssigkeit gehoben, und dieser sperrt, was sehr wichtig ist, das Meßgefäß gegen die Stöße einer mit voller Kraft bewegten Pumpe ab und läßt durch kleine Bohrungen nur so viel Flüssigkeit durch, wie zum schnellen, ruhigen Füllen des Auslaufhalses erforderlich ist. Die Beendigung des Zapfvorganges wird hierdurch in wirksamer Weise vorbereitet, und das Meßgefäß vor der Gefahr des Zerspringens bewahrt.

Abb. 11
Salzkottener Meßgefäß für 5 l.

a Überlaufrohr
b Entlüftungsrohr

Für ein einzelnes Meßgefäß wird der Abschluß der Füllung durch eine überraschend einfache Bauart derselben Firma erreicht, Abb. 11. In der Mitte des Meßgefäßes befindet sich das Überlaufrohr, in das an der Mündung das kleinere Entlüftungsrohr ein kurzes Stück

Abb. 12
Gasabscheider der Fabrik explosionssicherer Gefäße, Salzkotten.

a Zulauf
b Gasabscheider
c Platte zur Begrenzung der Lufthose
d Öffnung nach dem Schwimmerbehälter
e Kammer für den Schwimmer
f Luftausgang
g Verbindungsrohr
h Strahlsauger

Abb. 13
Lüftvorrichtung des Zapfschlauches der Tankanlage mit Benzinmesser der Fabrik explosionssicherer Gefäße, Salzkotten.

a düsenartiger Ring
b äußeres Rohr für das zum Füllschlauch abfließende Benzin
c Füllschlauch
d inneres Rohr zum Zuführen der Luft

düsenartig hineinragt. Während sich das Gefäß füllt, kann die Luft durch den schmalen Ringraum entweichen; steigt die Flüssigkeit über den Auslauf, so schießt sie nach unten, kann aber nicht durch das Entlüftungsrohr fließen. Höchstens wird Luft angesogen, die dann mit dem zurückfließenden Benzin in den Behälter kommt.

Außer den Meßgefäßen wird der Siemens-Benzinmesser zum Abgeben bestimmter Mengen verwendet. Er ist der bekannte Scheiben-Wassermesser, der mit Rücksicht auf das dünnflüssige Benzin besonders durchgebildet ist.

Dem Benzinmesser, der an sich mit einem hohen Grad von Genauigkeit arbeitet, muß auf Anordnung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein Gasabscheidetopf vor- und ein Glasgefäß nachgeschaltet werden, damit der Käufer reines Benzin- ohne Gas- und Luftblasen erhält und sich von der Reinheit und Farbe des erhaltenen Kraftstoffs überzeugen kann.

Nach der neuesten Ausführungsform eines solchen Gasabscheidetopfes der Fabrik explosionssicherer Gefäße, Salzkotten, Abb. 12, tritt das Benzin aus dem Pumpenrohr *a* tangential in den Gasabscheider *b* ein, wo sich ein scharfer Wirbel bildet. Die hierdurch entstehende Lufthose wird dadurch dauernd aufrechterhalten, daß Luft und Gas, vermischt mit Flüssigkeit, durch die Öffnung *d* in die Kammer *e* abziehen kann. Die unten angeordnete Platte *c* verhindert das Hineinziehen des Luftwirbels in die zum Benzinmesser führende Leitung. Die in der Kammer *e* abgespaltene Flüssigkeit wird durch das Rohr *g* und den Strahlsauger *h* dem Messer zugeführt, so daß eine Verminderung der geförderten Menge durch Rückleitung in den Lagerbehälter vermieden wird. Der Schwimmer steuert den Luftausgang *f*, der ins Freie oder in den Behälter führt, in der Weise, daß nur Luft oder Gas, niemals aber Flüssigkeit austreten kann. Unten ist der Schwimmer auch mit einem den Bodenauslaß steuernden Ventil verbunden, so daß der Strahlsauger *h* niemals Gas statt Flüssigkeit ansaugen kann.

Die Entlüftung des aus dem Glasgefäß führenden Füllschlauchs wird von derselben Firma wieder auf die gleiche einfache Art wie bei dem Einzelmeßgefäß durchgeführt, Abb. 13. Das aus dem Benzinmesser kommende Benzin steigt außerhalb der in der Mitte liegenden Rohre hoch, fließt dann durch einen düsenartigen Ring in das äußere Rohr in der Mitte und von dort in den Füllschlauch. Während des Füllvorgangs braucht aus dem Glasgefäß Luft nicht abgeführt oder nach Beendigung zugeführt zu werden, da das Glasgefäß dauernd voll ist. Aber der Füllschlauch ist zu entlüften. Das geschieht durch das innere Rohr, das durch ein kleines ventilartiges Plättchen gegen Einfließen von Flüssigkeit geschützt ist. Die Flüssigkeit schießt durch den Ring unterhalb der Mündung des Luftrohrs nach unten. Nach Unterbrechung des Zapfvorgangs strömt die Luft durch das innere Rohr in das äußere. Etwa während des Zapfvorgangs mitgerissene Luft schadet nichts, da sie ja nicht durch den Benzinmesser gelaufen ist. Falls das Plättchen nicht ganz dichthält, wird während des Zapfvorganges durch die Strahlsaugwirkung nur Luft aus dem engen Röhrchen eingesogen, niemals aber Flüssigkeit in dieses hineingedrückt, so daß ein Tropfen der Belüftungsvorrichtung verhindert wird. Die Einrichtung hat sich, obwohl neu, doch schon ganz vorzüglich bewährt.

Die Firma Hermann Fischer, Tankanlagen, in Berlin, liefert ebenfalls Straßenzapfsäulen mit geeichter Siemensuhr oder mit geeichten Umschaltmeßgeräten von 2 × 5 l Inhalt. [B 2162]

Wirtschaftliche Kraftwagen-Ausbesserung

Von Dipl.-Ing. F. Kreide, Berlin

Nach kurzer Behandlung des Aufgabenkreises kleinerer und mittlerer Ausbesserwerkstätten für Kraftwagen wird die technische Einrichtung geschildert und werden Richtlinien für die Betriebsführung, die Betriebsabrechnung und die Kostenermittlung gegeben.

Abb. 1 Technische Einrichtung einer kleinen oder mittleren Werkstatt für Kraftwagen-Ausbesserung.

Mechanische Bearbeitung:
a Schwere Drehbank
b Leichte Drehbank
c Fräsmaschine
d Querhobel
e Säulenbohrmaschine (bis 35 mm)
f Schnellbohrmaschine (bis 10 mm)
g Schleifstein
h Behälter für gebrauchte Putzwolle
i Behälter für neue Putzwolle

Reifenausbesserung:
k Werkbank mit Schraubstock
l Zusammenbaubock für Luftreifen
m Prüfbecken für Luftschläuche

Montage:
n Werkbänke mit Schraubstöcken
o Fahrbarer, verstellbarer Montagebock
p Montagebühne
q Fahrbarer Bockkran
r Fahrbarer Ablegetisch
s Selbsttätige Waschvorrichtung
c_1 Fahrbare Luftpumpe

Schmiede:
t Schmiedefeuer
u Amboß
v Lochplatte
w Richtplatte
x Druckwasserpresse
y Wasser- und Ölbecken
z Doppelter Schmirgelbock
a_1 Bügelsäge
b_1 Fahrbares Schweißgerät
d_1 Hebelblechschere

Die große Zunahme des Kraftfahrzeug-Verkehrs hat der wirtschaftlichen Ausbesserung von Kraftwagen in den Kreisen der Benutzer und Erzeuger von Kraftwagen wachsende Bedeutung verschafft. Je stärker die Preise der Kraftfahrzeuge gesenkt werden, desto wichtiger wird es, auch die Kosten ihrer Erhaltung zu senken, die minderbemittelte Käufer vom Erwerb eines Kraftwagens häufig abschrecken.

Technische Einrichtung

Die heutigen Werkstätten für Kraftwagen-Ausbesserungen kann man in zwei Gruppen einteilen. Die erste umfaßt die großen Werkstätten, die den Fabriken oder ihren Niederlassungen angegliedert sind. Diese Werkstätten sind infolge ihrer engen Verbindung mit den Fabriken in bezug auf Betrieb und Arbeitsverfahren den Fabriken ähnlich eingerichtet.

Die zweite Gruppe, die kleinen und mittleren Ausbesserwerkstätten, sind entweder aus Handwerk- oder Schlossereibetrieben hervorgegangen oder von Händlern eingerichtet. Diese Werkstätten arbeiten mit einfacheren Mitteln als die großen Werkstätten und sind infolgedessen für schwierigere Ausbesserungen nicht eingerichtet. Gegenüber dem heutigen Zustand wäre bereits ein großer Fortschritt erreicht, wenn es gelänge, den Besitzern von Kraftwagen sowie von solchen Betrieben die Grenzen klarzumachen, die den Arbeiten der kleinen und mittleren Werkstätten infolge ihrer einfacheren technischen Einrichtungen gezogen sind. Teure oder Sondermaschinen, z. B. zum Schleifen der Zylinder, Kurbelwellen usw., sind für solche Betriebe nicht wirtschaftlich, weil sie nicht genügend ausgenutzt werden können. Nach Möglichkeit sollten kleine Werkstätten folgende Arbeiten vermeiden:

1. Schweißen von Teilen, von denen die Sicherheit der Wageninsassen abhängt, z. B. Achsschenkeln, Vorderachsen, Rahmen, Wellen, Federlagen, ferner von Zylindern sowie von Gehäusen.
2. Größere Ausbesserungen am Kühler oder am Rahmen infolge schwerer Brüche bei Zusammenstößen
3. Anfertigen von Getriebeteilen und dergl. aus legiertem Stahl.
4. Vergüten und Einsatzhärten wichtiger Teile aus legiertem Stahl.
5. Ausbessern von Zünd- und Lichtmaschinen über das Erneuern abgenutzter Teile hinaus, z. B. von Kollektoren, Ankern usw., größere Arbeiten an Akkumulatoren.

In vielen Fällen verbieten sich größere Ausbesserungen an der Karosserie und an der Bereifung aus wirtschaftlichen Gründen, obgleich man keine allgemein gültige Grenze dafür festlegen kann.

Auch innerhalb dieser Grenzen bleiben die Aufgaben dieser Werkstätten noch genügend vielseitig. Die wichtigsten Arbeiten sind auch hier das Ausbessern oder Erneuern von Teilen, die infolge Abnutzung unbrauchbar geworden sind. Diese laufende Instandhaltung des Kraftwagens umfaßt alle Arbeiten von der Beseitigung plötzlich auftretender Störungen an bis zur Überholung des ganzen Wagens. Auch die Folgen von leichten Zusammenstößen können kleinere Werkstätten beheben, selbst wenn dabei ganze Teilgruppen erneuert werden müssen.

Die technische Einrichtung einer kleinen oder mittleren Werkstatt, Abb. 1, beschränkt sich im allgemeinen auf Universalmaschinen. Das folgende Verzeichnis gibt ungefähr einen Überblick über diese Einrichtung:

1. Reinigung, Betriebstoffe usw.

Maschinen: 1 Wagenwaschmaschine, 1 Luftpumpe, 1 Wasserständer, 1 Waschmaschine für Einzelteile.

Geräte: verschiedene Waschbürsten, Schwämme, Lederlappen.

Sonstiges: Zapfsäulen für Benzin und Benzol, 1 Ölkammer, 1 Abschleppwagen (bei Bedarf).

2. Montage.

Maschinen: 1 hydraulische Presse.

Fördermittel: 1 Flaschenzug mit Laufkatze, 1 fahrbarer Wagenheber, 1 fahrbarer Werkstatt-Bockkran, 2 Schleppachsen, fahrbare Werkzeugtische, 1 großer drehbarer und verstellbarer Motoren-Zusammenbaubock, 1 verstellbarer Hinterachsen-Zusammenbaubock, 2 fahrbare eiserne Werkzeug- und Ablegetische.

Geräte: 1 Roll-Liegebrett für Arbeiter, 1 Zusammenbaubühne, 1 Schmierpumpe für Getriebe und Hinterachse, Kisten für ausgebaute Wagenteile, 2 niedrige und 2 hohe kräftige Rahmenböcke, 1 feuersicherer Behälter für gebrauchte Putzwolle, 1 Altölbehälter, 1 Schaumfeuerlöscher, 1 Tetrachlorkohlenstoff-Löscher, 1 Behälter mit Sand für Löschzwecke, zum Auftrocknen von Öl usw., 1 Richtplatte auf Böcken.

Werkzeuge: 1 Satz von Schutzüberzügen für Polster und Kotflügel.

3. Bearbeitung und Schlosserei

Maschinen: 1 Drehbank mit gekröpftem Bett 350 × 2000 mm, 1 Drehbank mit Zangenspannung 200 × 1000 mm, 1 Querhobel 400 mm Hub, 1 kleine Fräsmaschine, 1 doppelseitiger Schleifbock 400 mm Dmr., 1 Bohrmaschine 35 mm Dmr., 1 Support-Schleifgerät für Innen- und Außenschliff, 2 elektrische Handbohrmaschinen 18 und 6 mm Dmr., 1 Schleifmotor mit biegsamer Welle.

Geräte: rd. 6 Werkbänke mit Werkzeugladen, rd. 6 Schraubstöcke.

Werkzeuge: rd. 30 Dreh- und Hobelstähle, 1 Satz Stahlhalter, 6 Schublehren, 4 Mikrometer, 3 Taster (innen und außen), 1 Satz metrische Blechgewindelehren, 1 Satz englische Blechgewindelehren, 1 Spurweitenmesser.

Schlosserwerkzeuge an jedem Arbeitsplatz: 1 Bankhammer mit Stiel DIN 1041, 1 Niethammer DIN 1041, 1 Holzhammer, 15 Holzhefte DIN 395, 15 Satz Feilen DIN 5201/23, 1 Winkel, 1 Zirkel, 2 Körner, 1 Reißnadel, 1 Feilkloben, 1 Paar Kupferbacken, 6 Durchschläge, 2 Nutenhauer, 4 Meißel, 1 Kreuzmeißel, 3 Schraubenzieher DIN 137 und 129, 1 Satz Mutterschlüssel bis 25 mm, 1 Feilenbürste, 1 Ölkanne, 1 Handfeger, 2 Handlampen mit Birne und Kabel, 1 Rohrzange, 1 Flachzange (Kombinationszange), 1 Rundzange, 1 Beißzange, 1 Satz Steckschlüssel, 1 Seitenschneider, 1 Dreieckschaber, 1 Flachschaber, 1 gekröpfter Schaber, 10 Werkzeugmarken, 1 Bügelsäge, 1 verstellbarer Schraubenschlüssel.

4. Schmiede

Maschinen: 1 Schmiedefeuer, Herdgröße 100 bis 120 cm², 1 Rohrbiegevorrichtung, 1 Gasgebläse, 1 Druckluftgebläse, 1 Hebelblechschere, 1 Dornpresse, 1 Bügelsäge.

Geräte: 1 Amboß mit rundem und eckigem Horn und Stauchsockel, rd. 200 kg schwer, 1 Lochplatte, 1 Werkbank mit Schraubstock, auf dem auch geschmiedet werden kann, Wasser- und Ölbecken.

Werkzeuge: 1 Satz Setzhämmer mit Gesenken, 2 Schrotmeißel (kalt und warm), Feuerzangen, 2 Vorschlaghämmer, 10 bis 15 kg schwer, Loch-, Ball- und sonstige Hämmer und Nietenquetscher.

5. Schweißerei und Löterei

Maschinen: 1 fahrbare Schweißvorrichtung mit Flaschen oder Entwickler.

Geräte: 1 Schweißtisch mit Schamotteplatte von rd. ¾ m² und Schamottesteinen.

Werkzeuge: Schweißbrenner für Stücke bis zu 30 mm Dicke, 1 Schneid- und Lochbrenner, 1 Lötpistole, gewöhnliche und Gaslötkolben, Bunsenbrenner.

6. Elektrowerkstatt

Maschinen: 1 Ladegruppe, 1 Ladeschalttafel mit Spannungs- und Strommesser.

Geräte: 1 Ersatzteilschrank.

Werkzeuge: 1 Säuremesser.

7. Werkzeugausgabe

Maschinen: 1 Handbohrmaschine bis 13 mm Dmr., 1 Handbohrmaschine bis 6 mm Dmr., 1 Schleifstein.

Fördermittel: 1 Handwagen mit niedrigen Rädern, 4 Rollschuhe.

Geräte: 2 Winden, 2 Wagenheber.

Werkzeuge: 1 Vorrichtung zum Einschleifen von Ventilen und zum Fräsen von Ventilsitzen, 1 Vorrichtung zum Ausgießen von Lagern, 1 Satz Schlosserwerkzeuge, 1 Satz zylindrische Reibahlen 5 bis 30 mm Dmr., 1 Satz verstellbare Reibahlen 15 bis 40 mm Dmr., 1 Satz Spiralbohrer 0,5 bis 30 mm Dmr., Schneidkluppen ⅛ bis ¾″ engl., 1 Satz metrische Schneidbacken 4 bis 20 mm Dmr., 1 Satz metrische Gewindebohrer 4 bis 30 mm Dmr., 1 Satz Whitworth-Gewindebohrer ⅛ bis 1″ engl., 1 Satz Gasgewindebohrer ⅛ bis ¾″ engl., 1 Anschlagwinkel tuschiert, 1 flacher Winkel, 1 Tuschierplatte, Radabzieher, 1 Satz Locheisen, Schmirgelsteine, 1 Ölstein, 8 Kolbenringketten, 1 Schraubenschere, 1 Stockschere, 1 Handschere, 1 Dichtungsschneider, 1 Kolbenringzange, 1 Lötlampe, 1 Ventilheber, 1 Satz Hebel zum Aufziehen von Reifendecken, Blitzzangen, Zieheisen, 2 Bügelsägen, 2 Zündkerzenprüfer, 1 Satz Hakenschlüssel DIN 1810, Schwabbelscheiben, 1 Satz Bohrlehren für Ventilkeilschlitze, 1 Schleifmaschine für Ventilteller.

8. Reifenausbesserung

Geräte: 1 Prüfbecken für Luftschläuche, 1 Montagebock für Luftreifen, 1 Werkbank mit Schraubstock.

Werkzeuge: 1 Montiergabel, 1 Brustleier, Scheren Messer, Gummiraspeln, Montierhebel, Brennerzangen, Felgenspanner, 1 Luftdruckprüfer.

9. Gesundheitliche Einrichtungen.

6 Waschbecken, rd. 10 Kleiderschränke, 1 Warmluftheizung.

Diese Aufstellung kann je nach den Bedürfnissen der Werkstätten und den örtlichen Verhältnissen verändert werden. Sie wird jedoch von einem Unterausschuß des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung, des Vereines deutscher Ingenieure (ADB) und des Reichsverbandes des Kraftfahrzeughandels und Gewerbes und des Reichsverbandes der deutschen Automobilindustrie empfohlen, dessen Arbeiten in einer vom Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit herausgegebenen Schrift: „Die neuzeitliche Reparaturwerkstatt, Anregungen und Richtlinien für die Praxis kleiner und mittlerer Betriebe“, niedergelegt sind.

Besonders wichtig ist die Frage der Ersatzteile. Wegen der Veränderlichkeit der Wagentypen können kleine und mittlere Ausbesserbetriebe kein zu umfangreiches Lager an solchen Teilen halten, weil sie ihr Kapital zu lange festlegen und die Teile veralten und wertlos werden. Dagegen sollen genormte Ersatzteile, z. B. Schrauben, Muttern, Dichtungen, Zündkerzen, Federbolzen, Kolbenringe usw. und alle Betriebstoffe für die Werkstatt vorrätig sein. Die Fabriken sollten sich die schnelle Belieferung der Ausbesserwerke mit Ersatzteilen angelegen sein lassen. Sie müßten die Gelegenheit bieten, solche Teile von nahegelegenen Zwischenlagern schnell zu beziehen.

Wertvoll ist auch die pflegliche Behandlung der Wagen in der Ausbesserwerkstatt. Kotflügel, vernickelte Teile und Karosserieflächen sollen während der Arbeiten mit Schutzüberzügen versehen werden, damit sie nicht leiden.

Betriebswirtschaft

Die Betriebswirtschaft der Ausbesserwerkstatt hat die Unterlagen für die technische Arbeit zu beschaffen sowie für einwandfreie Abrechnung der Kosten des Betriebes zu sorgen, damit die Preise angemessen gestellt werden können.

Arbeitsvorbereitung

Eine so eingehende Arbeitsvorbereitung wie bei der Neufertigung ist bei Ausbesserungen nicht möglich; doch kann man viele Mittel der Arbeitsvorbereitung, die sich bei der Neufertigung bereits eingebürgert haben, sinngemäß auf kleine und mittlere Ausbesserarbeiten übertragen. Das Wichtigste ist, Ersatzteile rechtzeitig zu beschaffen. Gleich nach der Aufnahme des Befundes an dem auszubessernden Fahrzeug sind die notwendigen Ersatzteile zu bestellen, damit durch ihr Ausbleiben die Ausbesserarbeit nicht aufgehalten wird. Bei gleichzeitiger Bestellung aller Ersatzteile spart man Fracht- und Telegrammgebühren; ferner wird vermieden, daß nachträglich noch irgend ein Ersatzteil bestellt werden muß.

Dasselbe gilt sinngemäß auch für die Hilfsstoffe. Eine Lagerkartei macht die Bestände an diesen Stoffen ersichtlich, damit rechtzeitig nachbestellt wird und es nicht vorkommen kann, daß der ganze Betrieb stillgelegt wird, weil eine elektrische Sicherung oder eine Kollektorbürste fehlt.

Auch die Arbeiten kann man durch planmäßiges Vordenken und ordnende Vorbereitung beschleunigen. Schon beim Ausschreiben des Auftrages kann man die Arbeiten nach den wichtigsten Teilgruppen des Wagens gliedern. Das ermöglicht, bestimmte Arbeiten stets den gleichen Arbeitern zuzuweisen, die darin mit der Zeit besondere Übung erlangen. Das kann zur Beschleunigung und zur Verbesserung der Arbeiten wesentlich beitragen. Zweckmäßig ist folgende Gruppenteilung:

1. Abbau und Reinigen.
2. Arbeiten an Motor, Kühler und Wasserleitungen.
3. Kupplung, Fußhebelachse, Zwischenstück, Getriebe, Schaltung, Getriebebremse.

4. Kardangelenk, Hinterachse, Ausgleichgetriebe.
5. Rahmen, Brennstoffleitungen, Spritzwand mit Armaturen, Brennstoffbehälter, Unterschutz, Kotflügel, Trittbretter, elektrische Anlage.
6. Vorderachse mit Gestänge, Lenkung mit Regelgestänge.
7. Federn, Räder, Radbremsen.
8. Fertigmachen, Karosserie, Probefahrten, Abliefern.

Solche Gruppeneinteilung macht auch das Aufstellen von Arbeitsplänen möglich. Für Wagen einer bestimmten Type oder einer bestimmten Fabrik, die häufiger ausgebessert werden, kann man durch Arbeitsfolgenpläne, z. B. für das Zerlegen des Motors, des Getriebes, der Kupplung, des Ausgleichgetriebes usw., dem Arbeiter das Nachdenken ersparen. Er verfährt nach seiner Anweisung und ist sicher, daß keine wichtige Arbeit vergessen wird. Arbeitsfolgenpläne gestatten weiter, auf Grund von Erfahrungen Richtzeiten zu ermitteln, die für die Überprüfung der verbrauchten Zeiten dienen können.

Eine richtige Einteilung der Arbeit setzt die Aufstellung von Plänen voraus, aus denen ersichtlich ist, wann ein Auftrag erledigt sein muß. Neue Teile sollen nur nach Skizzen oder Zeichnungen, nicht nach mündlichen Anweisungen, hergestellt werden, damit man feststellen kann, ob der Auftrag falsch erteilt oder die Arbeit fehlerhaft aufgeführt worden ist, wenn das Stück nicht paßt.

Die geordnete Abrechnung der Kosten setzt auch in kleineren Betrieben Material- und Lohnscheine voraus, da man anders die verbrauchten Fertigteile und Hilfsstoffe sowie die Arbeitstunden nicht genau erfassen kann. Für die von Lehrlingen verbrauchten Zeiten darf man gerechterweise nicht den gleichen Satz wie für Facharbeiter berechnen. In der Regel bringt man für Lehrlinge im 1. Jahr ¼, für Lehrlinge im 2. Jahr ½, für Lehrlinge im 3. Jahr ⅔ der verbrauchten Zeit zum vollen Satz in Anrechnung.

Die Güte der Arbeit wird durch scharfe und laufende Überwachung gehoben. Bei größeren Arbeiten sollte man einen Abnahmebefund aufnehmen, der dem Besteller als Beweis für die richtige Prüfung ausgehändigt wird.

Auftragwesen

Alle Aufträge müssen schriftlich erteilt werden. In einer Ausbesserwerkstatt kommen folgende Auftragarten vor:

1. Kundenaufträge, die von Kunden erteilt und bezahlt werden.
2. Ersatzaufträge für Fehlarbeiten, die dem Besteller nicht angerechnet, sondern über Gemeinkosten verbucht werden.
3. Betriebsaufträge für die Instandhaltung des Betriebes.
4. Anlagenaufträge für größere Arbeiten und Neuanlagen, die nicht über Gemeinkosten, sondern über Anlagen verbucht werden.

Der für den Betrieb wichtigste Auftrag ist der Kundenauftrag. Verlangt der Besteller vor der Inangriffnahme der Arbeiten die Angabe der Kosten, so muß ein unverbindlicher Voranschlag aufgestellt werden. Vielfach müßte man jedoch zu diesem Zweck schon mit dem Abbau des Wagens beginnen, was jedoch der Besitzer meist nicht gestattet; man vereinbart dann nur bestimmte Arbeiten, deren Kosten annähernd bekannt sind, und holt die schriftliche Zustimmung des Bestellers ein, wenn im Laufe der Arbeiten weitere Ausbesserungen notwendig sind. Die schriftliche Bestätigung des Auftrages vermeidet spätere Streitigkeiten.

Im Auftragvordruck, Abb. 2, der Namen und Wohnort des Bestellers und die Kennzeichen des Wagens enthält, werden die vereinbarten Arbeiten so genau beschrieben, daß ein Durchschlag als Auftragbestätigung dienen kann. Das vermindert zugleich die Schreibarbeit.

Preis und Kosten

Entscheidend für den Erfolg des Betriebes ist die richtige Ermittlung der Kosten. Da die Ausbesserwerkstätten im allgemeinen die ganzen Gemeinkosten auf die Fertigungslöhne aufschlagen, so pflegt man mit Stundenpreisen zu rechnen. Dabei braucht ein hoher Stundenpreis

Firma | Kostenanschlag am: genehmigt am: | Arbeit begonnen: beendet. | Auftrag-Nr.
Fabrik-Marke | Meister Tag | Liefertermin
Type | Eigentümer
Motor-Nr.: Polizei Nr. | Chassis Nr.: Km-Stand | Jahrgang: | Anschrift | Fernruf
Wagen- u. Werkzeugteile an Lager | Besonders zu schützende und beschädigte Teile

Gruppe	vorzunehmende Arbeiten

Gepr. Anerkannt lt.

RZ2134Z2

Abb. 2
Vordruck für den Kundenauftrag.

Monat	Reinigg u. Tankstelle	Schmiede	Masch-abt.	Elektro-abt. Reifen-abt.	Montage	Fuhrpark		Bureau und Lager		Summe
1. Hilfslöhne										
2. Hilfsstoffe										
3. Gehält., Meister- u. Unternehm.-Lohn										
4. Abschreib.										
5. Versicherung										
6. Miete, Zinsen										
7. Steuern, Abgab.										
8. Soziales										
9. Postgebühr.										
10. Betriebsaufträge										
13. Verluste										
14. sonst. Kosten										
a) Summe d. Kost.										
b) Fertigungslöh.										
c) a + b										
d) Bureau aufgeteilt auf a + b										
e) Summe a + d										
in vH der Fertigungslöhne										
Multiplikations-fakt. f. d. Lohnsatz										
+ Gewinn vH										

im Monat verbrauchter Werkstoff

verbucht | aufgestellt | geprüft | genehmigt

RZ2134Z3

Abb. 3
Vordruck für eine Monatsabrechnung.

Firma | Kostenanschlag am: genehmigt am: | Arbeit begonnen: beendet: | Auftrag-Nr. | **Kalkulationsbogen**

Fabrik-Marke | Meister Tag | Liefertermin | Bemerkungen

Type | Eigentümer:

Motor Nr.: Polizei Nr. | Fahrgestell Nr.: Km-Stand | Jahrgang: | Anschrift | Fernruf

Wagen- u. Werkzeugteile an Lager | Besonders zu schützende und beschädigte Teile

Gruppe	vorzunehmende Arbeiten	Std.	R.M.	Werkstoff R.M.	auswärtige Arbeiten Werkstoff a zugesagt. Lieferterm.	b Rechn. Nr.	c Werkstoffschein	d Selbstkost. R.M.	e Preis R.M.	Unkost. Fracht u.s.w. f R.M.	Lohn g Lohnzett. Nr.	h Zeitaufw. h	i Lohn M/h	k Lohnsatz R.M.	l Preis R.M.	Gesamtpreis zuzügl. Gewinn R.M.
			Voranschlag													
Gepr.	Anerkannt lt.	Summe														

RZ2134Z4

Abb. 4
Vordruck für die Abrechnung eines Kundenauftrags.

noch nicht hohe Kosten der gesamten Ausbesserung zu bedeuten; vielmehr können oft gerade Werkstätten mit hohen Stundenpreisen rationell arbeiten und billig liefern. Durch weitgehende Aufteilung und verbesserte Arbeitsverfahren kann man die Arbeitzeiten und den Aufwand für Fertigungslöhne so weit senken, daß die Gemeinkosten, wie Steuern und Abgaben, Hilfsstoffe, Hilfslöhne, Gehälter usw. verhältnismäßig höher sind als bei großem Zeitaufwand. Der Besteller sollte sich daher durch hohe Stundenpreise nicht abschrecken lassen, sondern prüfen, ob der Preis der gesamten Ausbesserung angemessen ist.

Die Abrechnung des Betriebes

Der Zuschlag für Gemeinkosten wird ermittelt, indem man monatlich oder vierteljährlich die Gesamtkosten des Betriebes aufstellt. Da verschiedene Arten der Arbeit (Schlosserarbeit, Maschinenarbeit, Schweißerarbeit) verschieden hohe Zuschläge bedingen, empfiehlt es sich, die Betriebskosten nach Kostenstellen (Schlosserei, Schmiede, Schweißerei, Montage usw.) sowie nach Kostenarten (Hilfslöhne, Hilfsstoffe, Gehälter, Steuern und Abgaben, Miete und Zinsen usw.) zu gliedern, s. Abb. 3. Wagerecht sind die Betriebsabteilungen, senkrecht die Kostenarten aufgestellt. Die senkrechten Felder ergeben die Gesamtkosten jeder Abteilung, die wagerechten die Gesamtkosten jeder Kostenart. Kosten, die man nicht verteilen kann, legt man nach einem Schlüssel um, der der Wirklichkeit möglichst nahe kommt, z. B. Miete, Steuern und Abgaben, die Kosten des Bureaus usw. Die Summe der Abteilungskosten, verglichen mit der Summe der Fertigungslöhne in der gleichen Zeit, ergibt den Zuschlag. Die Aufstellung liefert zugleich einen Überblick über den Betrieb und gestattet, zu prüfen, ob sich die Unkosten verhältnismäßig geändert haben.

Ermittlung der Kosten

Einen Teil der Kosten, z. B. die Hilfslöhne und Hilfsstoffe, gewinnt man aus den Material- und Lohnscheinen. Dabei muß streng zwischen Werkstoff und Hilfsstoff sowie zwischen Fertigungs- und Hilfslöhnen unterschieden werden; denn während Werkstoffe und Fertigungslöhne auf den Auftrag verrechnet werden, gehören Hilfsstoffe und Hilfslöhne zu den Gemeinkosten. Alle übrigen Kostenarten, z. B. Gehälter, Miete und Zinsen, Steuern und Abgaben usw. liefert die Buchhaltung, deren Kontenplan entsprechend eingerichtet wird.

Abrechnung des Auftrages

Hierzu dient zweckmäßig der Kalkulationsbogen, Abb. 4. Die linke Seite beschreibt den Auftrag und kann mit diesem zusammen durchgeschrieben werden. Auf der rechten werden in Spalte *c* die Nummern der Werkstoffscheine und in Spalte *d* die Selbstkosten eingetragen. Der Verkaufpreis in Spalte *e* wird durch Zuschlag des Gewinns ermittelt. Arbeiten, die auswärts vergeben sind, werden wie Werkstoff behandelt, nur trägt man in Spalte *b* statt des Werkstoffscheins die Rechnung ein. Spalte *a* dient zum Überwachen der rechtzeitigen Lieferung. In Spalte *f* werden alle Sonderkosten, z. B. für Telegramme, Frachten usw., eingesetzt. Die Nummern der Lohnzettel werden nacheinander in Spalte *g* eingetragen, in die Spalte *h* die Stundenzahlen, in Spalten *l* und *k* die wirklich gezahlten und die um die Zuschläge vermehrten Stundenlöhne, in Spalte *l* die Produkte aus Stundenzahl und Lohnsatz. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Kosten auf sachlicher Grundlage berechnet werden, wobei weder der Unternehmer zu kurz kommt, noch der Besteller übervorteilt wird.

Die Verbilligung der Kraftwagen-Ausbesserungen ist nur durch angestrengte Kleinarbeit in den einzelnen Werkstätten erreichbar. Jeder Inhaber eines solchen Betriebes muß erkennen, daß man viele Arbeiten vereinfachen, z. B. das Abrechnungswesen für gleichartige Werkstätten, die Vordrucke für die Betriebsabrechnung und die Abrechnung der Aufträge, die Material- und Lohnscheine vereinheitlichen kann. Hierfür zu sorgen, ist eine wichtige Aufgabe der beteiligten Fachverbände. [B 2134]

Neuere Öltriebwagen

Von Dr.-Ing. Gottfried Naske, Kiel

Die auf Grund eines einheitlichen Bauprogramms der AEG und der Deutschen Werke Kiel, A.-G., ausgebildeten Triebwagenbauarten. — Übersicht, nach Anordnung der Maschinenanlage gegliedert. — Erläuterung der Konstruktion von drei kennzeichnenden Triebwagenbauarten nach deren Baugruppen geordnet, und zwar wagenbaulicher Teil, Maschinenanlage, Motoren, Wechselgetriebe und Achsantrieb. — Entwicklungsaufgaben.

Im Jahre 1926 wurde ein Zusammenschluß der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und der Deutschen Werke, Kiel, A.-G., zur gemeinsamen Entwicklung von Öltriebwagen mit mechanischer und elektrischer Kraftübertragung vollzogen.

Zahlentafel 1

Bauart	Maschinenanlage in Spurpfannen abgestützt Motorleistung PS		Maschinenanlage am Wagenkasten aufgehängt Motorleistung PS			Motor im Überhang des Untergestells angeordnet Motorleistung PS	
Zweiachser mit Lenkachsen	—	—	75	**100**	150	**75**	—
Vierachser mit Drehgestellen	100	**150**	75	100	150	75	—
	2×100[1])	—	—	2×100	—	2×75	2×100

[1]) wird auch mit einem für beide Motoren gemeinsamen Getriebe ausgeführt.

Übersicht der Bauarten

Nach Vereinheitlichung der verschiedenartigen Konstruktionen wurde ein Bauprogramm für die Öltriebwagen mit mechanischer Übertragung aufgestellt, das heute die in Zahlentafel 1 für zweiachsige und vierachsige Wagen zusammengestellten Baumuster umfaßt. Als Grundlage dieser Einteilung wurde die Art der Maschinenanordnung gewählt, weil diese den konstruktiven Aufbau des Triebwagens am besten kennzeichnet. Die Maschinenanlagen der 75 PS-Einheit entstammen der AEG-Bauart, während die 100 PS- und 150 PS-Einheiten von den Deutschen Werken entwickelt wurden.

Die in Zahlentafel 1 durch dicke Umrandung bezeichneten Größen stellen die vier Grundbauarten dar. Die Vereinheitlichung erstreckt sich hauptsächlich auf einzelne Baugruppen und Bauteile, z. B. Motor, Getriebe, Achsantrieb, Kardanwellenteile, Führerstand samt Ausrüstung u. a. m. Die konstruktiven Neuerungen an drei hinsichtlich der Maschinenanordnung verschiedenen in neuerer Zeit ausgeführten Triebwagen werden am zweckmäßigsten, nach ihren Baugruppen gegliedert, beschrieben.

Baumuster I: Zweiachsiger 100 PS-Triebwagen mit Aufhängung der Maschinenanlage am Wagenkasten, Abb. 1 bis 3.

Abb. 3. 100 PS-Maschinenanlage mit Aufhängung am Boden des Wagenkastens.

Abb. 1 und 2
100 PS-Maschinenanlage mit Aufhängung am Boden des Wagenkastens.
a Motor *b* Getriebe *c* Kardanwelle *d* Achsantrieb *e* Aufhängepunkte des Rahmens

Abb. 5 bis 7. 150 PS-Maschinenanlage mit Abstützung in Spurpfannen auf den Drehgestellen.

Baumuster II: Vierachsiger 150 PS-Triebwagen mit Abstützung der Maschinenanlage in Spurpfannen auf den Drehgestellen, Abb. 4 bis 7.

Baumuster III: Vierachsiger 2 × 100 PS-Triebwagen mit Anordnung der Motoren im Überhang des Untergestells. Abb. 8 bis 10.

Wagenkasten und Drehgestelle

Die Hauptkonstruktionszahlen der vorgenannten Triebwagen sind aus Zahlentafel 2 ersichtlich. Die angegebene Höchstgeschwindigkeit entspricht den Betriebsanforderungen, das Wechselgetriebe und die Bauart des Wagens gestatten gegebenenfalls auch 70 km/h.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Ausführungen des Kastengerippes zu unterscheiden. Der Wagenkasten der Triebwagen I und II ist als Gitterträger (Stabwerk) ausgeführt, der die Tragkonstruktion des Wagens bildet. Der Wagenkasten des Baumusters II ist in kugelförmigen Spurpfannen auf Drehgestellen abgestützt, s. Abb. 5 bis 7.

Eine andere Ausführungsart stellt der Wagenkasten des Triebwagens III dar. Er ist auf einem durch ein Sprengwerk verstärkten rahmenförmigen Untergestell, s. Abb. 9 und 10, das allein die Tragkonstruktion bildet und ebenfalls in Spurpfannen auf den Drehgestel-

Abb. 4
Triebwagen für 150 PS.

Abb. 8
2 × 100 PS-Triebwagen.

a Motor
b Getriebe
c Kardanwelle
d Achsantrieb
e Luftverdichter
f Geberapparat für den elektr. Drehzahl-Fernanzeiger

Zahlentafel 2

Nr.	Motorleistung und Maschinenanordnung, Achsanordnung	Spurweite mm	Achsabstand oder Drehzapfen mm	Wagenkastenlänge und -breite m	Anzahl der Sitz- und Stehplätze	Dienstgewicht kg	Höchstgeschwindigkeit km/h
1	100 PS, Wagenkastenaufhängung, zwei Lenkachsen	1435	7 000	12,4 × 2,98	46 10	23 000	45
2	150 PS, Spurpfannenabstützung, zwei Drehgestelle	1435	11 500	17,7 × 2,98	94 20	33 800	60
3	2 × 100 PS, Motor im Überhang, zwei Drehgestelle	1000	11 300	15,97 × 2,7	52 10	34 200	45

Abb. 9 und 10
2 × 100 PS-Maschinenanlage mit Anordnung des Motors im Überhang.
a Motor im Überhang *b* Getriebe *c* Kardanwelle *d* Achsantrieb

Abb. 11
Ausschlag eines Drehgestellwagens beim Überfahren eines Hindernisses.

len ruht, befestigt (Untergestellbauart). Daher muß das Untergestell kräftig ausgeführt sein, während das Kastengerippe, dem in diesem Fall allein keine Tragfähigkeit zukommt, aus leichteren Profileisen besteht.

Eiserne Wagenkasten sind in der Regel als Gitterträger ausgebildet, da diese Bauart eine festigkeitsgerechte Verteilung des Werkstoffes und Erzielung kleinsten Baugewichtes ermöglicht. Die Untergestellbauart mit aufgesetztem Wagenkasten bietet dagegen in den Fällen, wo die Maschinenanlage nicht auf einem besonderen Rahmen aufgebaut ist, beim Zusammenbau Vorteile.

Die vom Fahrgastraum durch Zwischenwände abgeschlossenen Führerstände enthalten folgende Steuereinrichtungen: Hebel oder Handrad für Getriebeschaltung, Hebel für Fahrtwendegetriebe, Gashebel, Kurzschlußschalter für den Motor und je ein Druckknopfventil für Tyfon, Läutewerk und Sandstreuer, ferner ein Bremsventil und eine Handbremse. An Überwachungseinrichtungen sind vorhanden: Drehzahl-Fernanzeiger, Fernthermometer zur Messung der Kühlwassertemperatur, Überwachungslampe für die Schmierölpumpe des Motors, Spannungsmesser und Prüflampe für die Batterie, Manometer für den Bremsdruck und in besonderen Fällen ein Geschwindigkeitsmesser. Den Strom für die Beleuchtung liefert ein am Motor angebauter Stromerzeuger über eine parallel geschaltete Batterie von 132 Ah bei zehnstündiger Entladung; geheizt wird mit dem Motorkühlwasser.

Die Drehgestelle sind rahmenförmig ausgebildet und ebenfalls aus Profileisen hergestellt. Um auch kleine Stoßkräfte möglichst am Ursprung federnd abzufangen, sind den an und für sich trägeren Blattfedern der Achsen weichere Schraubenfedern vorgeschaltet. Sämtliche Wagen erhalten die Einkammerbremse Knorr und eine von beiden Führerständen aus zu bedienende Handspindelbremse.

Anordnung der Maschinenanlage

Die Maschinenanlage muß derart am Triebwagen angeordnet sein, daß sie der dauernden Einwirkung von Fahrstößen standhält und daß freie Massenkräfte sowie das Drehmoment des Antriebes keine den Fahrbetrieb störenden und die Haltbarkeit des Wagen beeinträchtigenden Erschütterungen hervorrufen. Außerdem ist leichte Zugänglichkeit zu den Maschinenteilen, die öfter der Überwachung bedürfen, anzustreben, ferner gute Belüftung und Geräuschdämpfung.

Eine kurze Untersuchung über die günstigste Anordnung der Maschinenanlage auf Grund der genannten Bedingungen ergibt folgendes:

Ist die Maschinenanlage in Mitte des Wagens angeordnet, so macht sie beim Auffahren eines Räderpaares auf ein Hindernis von der Höhe h, Abb. 11, bei unabgefedert gedachtem Drehgestell nur einen senkrechten Ausschlag $\frac{h}{4}$. Dieser wiederholt sich beim Auffahren der einzelnen Räderpaare entsprechend deren Anzahl viermal, so daß die Summe der Ausschläge die Höhe h des Hindernisses ergibt. Alle Teile des Wagens, gleichgültig wo sie angeordnet sind, erfahren den geometrischen Gesamtausschlag h, da der ganze Wagen über das Hindernis gehoben werden muß. Bringt man jedoch die Maschinenanlage in Mitte des Wagens an, so erleidet sie infolge Auflösung des Stoßes an dieser Stelle in vier gleiche Teilimpulse die geringsten Stoßbeanspruchungen.

Bei zweiachsigen Wagen wird der Stoß sinngemäß nur in zwei gleiche Teilimpulse mit dem größeren Einzelausschlag $\frac{h}{2}$ aufgelöst. Dadurch ist die bekannte Erscheinung begründet, daß der Zweiachser unruhiger als der Drehgestellwagen läuft. Je näher die Maschine an den Spurpfannen oder je weiter sie im Überhang liegt, desto größeren Teilausschlägen ist sie ausgesetzt. Am ungünstigsten ist die Lagerung der Maschinenanlage unmittelbar im Drehgestell, da hier der absolute Gesamtausschlag jener Teile, die außerhalb des Radstandes liegen, sogar größer als die Hindernishöhe h ist. Der Lauf des einzelnen Drehgestelles ist mit dem eines zweiachsigen Wagens vergleichbar, wobei die Einwirkung der Fahrstöße auf die Maschinenanlage durch den kurzen Radstand noch gesteigert wird.

Abb. 12
Drehgestell-Spurpfanne der 150 PS-Maschinenanlage
a Rahmenträger der Maschinenanlage
b obere Spurpfanne
c untere Spurpfanne

Auf Grund dieser Überlegung wurde die Anordnung der Maschinenanlage in Mitte des Wagens als Regelbauart gewählt und in zwei Ausführungen verwirklicht.

Maschinenanlage in Spurpfannen abgestützt, s. Abb. 5 bis 7.

Bei der ersten Ausführung, die nur bei Wagen mit Drehgestell verwendet wird, ruht die Maschinenanlage auf einem besonderen Rahmen, der an seinen Enden auf den Drehgestellen in Spurpfannen abgestützt ist, Abb. 12. Auf die Kugelfläche der unteren Spurpfanne stützt sich der Maschinenrahmen, auf die obere der Wagenkasten. Infolge der Abstützung des Maschinenrahmens auf den Drehgestellen werden die von den Triebwerk-Massenkräften erzeugten Erschütterungen auf dem kürzesten Wege, ohne den Wagenkasten in Mitleidenschaft zu ziehen, fortgeleitet. Die beträchtliche Spannweite des Rahmens, die gleich dem Drehzapfenabstand ist, hat eine so große elastische Durchbiegung der Rahmenlängsträger zur Folge, daß schon dadurch eine gute Abfederung der darauf gelagerten Maschinenteile und somit eine Dämpfung der Fahrstöße erzielt wird.

Die 150 PS-Maschinenanlage, bestehend aus Motor, Kupplung und Wechselgetriebe, ist derart auf dem Maschinenrahmen angeordnet, daß ihr gemeinsamer Schwerpunkt möglichst in Rahmenmitte liegt. Vom Wechselgetriebe aus führen nach beiden Seiten des Wagens Kardanwellen zum Antrieb der inneren Achsen. Der Motor ist so tief gelagert, daß er nicht in den Wagenkasten hineinragt. Infolgedessen kann der Wagen einheitlich mit Quersitzen ausgestattet werden. Diese Anordnung erfordert aber mindestens eine Fußbodenhöhe von 1350 mm über Schienenoberkante, was oft nicht zulässig ist.

Maschinenanlage am Wagenkasten aufgehängt, s. Abb. 1 bis 3

Bei der zweiten Art der Maschinenanordnung in Mitte des Wagens ruht die Maschinenanlage ebenfalls auf einem besonderen Rahmen, der jedoch an vier Böcken am Gerippe des Wagenbodens federnd aufgehängt ist, Baumuster I, s. Abb. 1 und 2. Diese Anordnung wird hauptsächlich bei zweiachsigen Triebwagen verwendet und allgemein bei solchen, die eine Beschränkung des Baugewichtes erfordern. Um

Abb. 13 und 14 Teilschnitte durch den Triebwagenmotor, Bauart Deutsche Werke, Kiel, A.-G. Längsschnitt und Querschnitt.

rschütterungen vom Wagenkasten fernzuhalten, sind die 'edern mit elastischen Unterlagen in Form von bewehrten ummiplatten versehen. An den Aufhängepunkten des Iaschinenrahmens ist das Gerippe des Wagenbodens durch esondere Querträger verstärkt. Je zwei Aufhängeböcke ind miteinander durch ein querliegendes Sprengwerk verunden. In Verbindung mit einem möglichst vollkommenen usgleich der bewegten Motormassen entspricht die Aufängung der Maschinenanlage am Wagenkasten in dieser usführung hinsichtlich eines erschütterungsfreien Laufes uch hohen Anforderungen.

Iaschinenanlage im Überhang des Wagenkastens, s. Abb. 9 und 10.

Der Überhang des Wagenkastens erleidet, wie bereits rläutert, beim Überfahren von Hindernissen größere Ausschläge als Teile, die innerhalb seiner Abstützung liegen. uch bietet die Anbringung von Einrichtungen zur Dämpfung der Maschinenerschütterungen und Geräusche n Überhang wegen des beschränkten Raumes Schwierigeiten. Infolgedessen wird der Motor nur in beonderen Ausnahmefällen im Überhang elagert, während die beiden erstbesprochenen Maschinennordnungen, wie erwähnt, die Regelbauart darstellen.

Abb. 9 und 10 zeigen eine Zweimaschinenanlage für × 100 PS Gesamtleistung des Baumusters III, deren Iotoren in den Überhängen des Wagens aufgestellt sind. us Gründen des erschütterungsfreien Laufes wird man ese Anordnung hauptsächlich nur für mäßige ahrgeschwindigkeiten und kleine Machinengewichte zulassen. In diesen Grenzen etet sie aber den Vorteil der Zugänglichkeit und berwachung des Motors vom Führerstand aus. Größere Iotoren bringt man in ähnlicher Weise nicht im Überhang, ondern derart im Wagenkasten an, daß der Schwerpunkt er Triebwerkmassen über einer Spurpfanne liegt. Diese usführung nimmt, sofern der Motor nicht in Querrichtung ufgestellt werden kann, zwar viel Raum in Anspruch, ist ber nach dem bereits Gesagten besser, weil die Wirkung er Fahrstöße auf den Motor geringer ist und hauptsächch deshalb, weil seine freien Massenkräfte keine merkaren Erschütterungen hervorrufen, sondern im Schwinungsknoten des Wagenkastens abgefangen werden.

Motor

An einen Triebwagenmotor werden ähnliche Anforderungen wie an einen für Straßenfahrzeuge dienenden Motor gestellt, und zwar: ausreichendes Beschleunigungsvermögen (Elastizität), kräftige Bauart in allen Teilen bei Vermeidung toter Gewichte durch gute Verteilung des Werkstoffes und weitgehende Verwendung von Leichtmetallen. Zur Dämpfung der Belastungsstöße besonders beim Anfahren ist es mangels eines elastischen Gliedes zwischen Schiene und Rad erforderlich, an andrer Stelle des Antriebes ein elastisch wirkendes Element einzuschalten. Außer durch die Kupplung wird dies durch die langen Kardanwellen zwischen Getriebe und Achsantrieb und durch Gummischeiben zwischen Motor und Getriebe erreicht, die auch die von den Arbeitstakten herrührenden Kraftstöße gedämpft auf das Triebwerk fortleiten.

Im Jahre 1924 haben die Deutschen Werke, Kiel, einen nach diesen Grundsätzen gebauten Motor für den Betrieb mit Benzin oder Benzol herausgebracht, dessen Brauchbarkeit für Triebwagenzwecke seither hinlänglich erwiesen ist. Dieser Motor wird in zwei Mustern gebaut, und zwar als Sechszylindermotor mit 150 PS Leistung, Baumuster VI, Abb. 13 und 14, und als Vierzylindermotor mit 100 PS Leistung, Baumuster T IV, beide bei 1000 U/min. Beide unterscheiden sich in ihrem Aufbau nur durch die Anzahl der Zylinder. Die Hauptabmessungen betragen: 150 mm Kolbendurchmesser und 180 mm Hub. Das Gewicht des Sechszylindermotors samt Schwungrad und angebauten Apparaten beträgt 1050 kg oder 7 kg/PS und jenes des Vierzylindermotors 750 kg oder 7,5 kg/PS.

Die wichtigsten konstruktiven Merkmale

Kurbel und Zylindergehäuse sind zu einem gemeinsamen Block vereinigt und aus Leichtmetall hergestellt, die Zylinderbüchsen aus Gußeisen. Die Kolben sind aus Leichtmetall (Elektron) gepreßt und außer den Dichtungsringen mit vier Ölabstreifringen versehen, wodurch bei dem im kalten Zustand unvermeidlich größeren Spiel der Leichtmetallkolben eine Verölung der Zündkerzen vermieden wird. Von den beiden Zündkerzen eines Zylinders wird dauernd die eine vom Zündmagneten, die andre von der Batterie gespeist (Zweifunken-Doppelzündung). Da-

Abb. 15. Kennlinien des 150 PS-Triebwagenmotors.

a mittl. eff. Kolbendruck für Benzol
a_1 „ „ „ „ Benzin
b Leistung in PS_e für Benzol
b_1 „ „ „ „ Benzin
c Brennstoffverbrauch in g/PS_eh für Benzol
c_1 „ „ „ „ „ Benzin

Abb. 16. Brennstoffverbrauch des 150 PS-Triebwagenmotors bei $\varepsilon = 4{,}6$.

a Brennstoffverbrauch in g/PS_eh für Benzol
b „ „ „ „ Benzin

durch ist eine selbsttätige Reserve im Falle des Versagens einer Stromquelle gegeben. Das richtige Arbeiten der mittels Schraubenräder von der Steuerwelle angetriebenen Schmierölpumpe wird durch eine auf den Führerständen angebrachte elektrische Lampe überwacht, die aufleuchtet, wenn der Schmieröldruck unter das zulässige Maß gesunken ist. Ferner sind am Motor angebaut und von diesem angetrieben: eine Zündmaschine, zwei Lichtmaschinen für 12 V Spannung mit je 225 oder 300 W Leistung und ein elektrischer Anlasser. Neuerdings verwendet man bloß eine Lichtmaschine für 24 V Spannung und 500 W Leistung.

Die Kennlinien des Sechszylindermotors bei den verschiedensten Betriebszuständen sind aus Abb. 15 bis 17 zu ersehen. Der Motor ist bei entsprechender Vergaser- und Zündeinstellung auch für Gemische der beiden Brennstoffe sowie für Gemische mit Spiritus verwendbar. In Zahlentafel 3 sind die günstigsten Werte der Brennstoffausnutzung gemäß Abb. 17 zusammengestellt.

Zahlentafel 3

Brennstoff	Verdichtungsverhältnis ε	Brennstoffverbrauch g/PS_eh	Unterer Heizwert kcal/kg	Wärmeverbrauch kcal/PS_eh	Wirtschaftlicher Wirkungsgrad vH
Benzin . .	4,8	225	10 343	2 327	27
Benzol . .	5,2	225	9 400	2 115	29,8

Abb. 17 Leistung, Brennstoffverbrauch und Wirkungsgrad des 150 PS-Triebwagenmotors bei 1000 U/min und veränderlichem Verdichtungsverhältnis.

a Leistung in PS_e für Benzol
a_1 Leistung in PS_e für Benzin
b wirtschaftlicher Wirkungsgrad für Benzol
b_1 wirtschaftlicher Wirkungsgrad für Benzin
c Brennstoffverbrauch für Benzol
c_1 Brennstoffverbrauch für Benzin

Zahnrad a auf der Motorwelle treibt über Zahnrad b oder Zwischenrad e und die Zahnräder c, c die Ausgleichgewichte d, d mit doppelter Drehzahl und umgekehrtem Drehsinn an. f Antriebrad für die Steuerwelle

Abb. 18 bis 20. Massenausgleicher des vierzylindrigen 100 PS-Triebwagenmotors.

Die beste thermische Ausnutzung er[gibt] demnach der Benzolbetrieb, s. Abb. 1[7]. Sie reicht beinahe an die von Dieselmotoren mit Luf[t]einspritzung gleicher Größe heran. Geringer[e] Brennstoffkosten ergibt dieser Motor jedoch bei Betrieb mit Benzin, da der Brennstoffverbrau[ch] unter den gegebenen Verhältnissen für beide Brennstof[fe] gleich, während der Benzinpreis niedriger ist. Der mit[t]lere nutzbare Druck und somit das Drehmoment ist inne[r]halb der Betriebsdrehzahlen bis zu deren Höchstwe[rt] nahezu konstant, was auf gute Gemischbildung u[nd] Steuerungsverhältnisse hindeutet. Die Kennzahl dies[es] Motors für die Literleistung pro Umdrehung beträ[gt] nach Prof. Becker[2]) innerhalb 750 bis 1000 U/m[in] $c = 0{,}0089$ bis $0{,}0085$ PS/l, entsprechend einem spezifische[n] Drehmoment von 6,37 bis 5,98 mkg/l. Dies sind Werte, d[ie] bei Kraftwagenmotoren erst bei Verwendung von Vo[r]verdichtern beginnen.

Massenausgleich des Motors

Ein wichtiges Erfordernis für den erschütterung[s]freien Lauf der Triebwagen ist ein guter Massenau[s]gleich des Motors. Die hin- und hergehenden Massen d[es] Vierzylindermotors sind bekanntlich nicht vollkomme[n] ausgeglichen, sondern erzeugen freie Kräfte zweit[er] und höherer Ordnung. Die ersteren, die praktisch nur [in] Betracht kommen, können durch zwei gegenläufig mit do[p]pelter Drehzahl des Motors drehende Gegen[gewichte], Abb. 18 bis 20, die in der Schwerpunk[t]...

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 247.

Abb. 21
Senkrechte Schwingungen, durch Triebwerk-Massenkräfte verursacht.

a Vierzylindermotor ohne Ausgleicher
b " mit "
c Sechszylinder mit gleichgroßen Triebwerkmassen

ebene der hin- und hergehenden Massen angeordnet sind, ausgeglichen werden[3]). Diese Art des Massenausgleichs, die von dem Engländer Lanchester stammt, wird beim vierzylindrigen Motor angewendet.

Schwingungsbilder eines solchen Motors mit und ohne Ausgleicher sowie vergleichsweise des 150 PS-Sechszylindermotors sind in Abb. 21 dargestellt. Diese Schwingungsbilder wurden mittels eines Schwingungsmessers am freien Ende eines freitragenden Rahmens von 2400 mm Überhanglänge gewonnen, auf dem der Motor derart gelagert war, daß die Entfernung seines Schwerpunktes 1160 mm von der Einspannstelle betrug. Die Wirkung des Ausgleichers beweist, daß der Vierzylindermotor mit Massenausgleich hinsichtlich der freien Massenkräfte praktisch gleichwertig dem Sechszylindermotor ist.

[3]) „Motorwagen" Bd. 29 (1926) S. 309. Die dort angegebene Gleichung zur Berechnung der Ausgleichgewichte enthält einen Fehler; der richtige Ansatz lautet: $4\,m\,\omega^2\,r\lambda = 2\,m_1\,4\,\omega^2\,r_1$.

Wechselgetriebe

Das mit Druckluft betätigte Reibkupplungsgetriebe

Bei Öltriebwagen hat man fast allgemein die im Kraftwagenbau übliche nicht stoßfreie Zahnradschaltung verlassen. Vor einigen Jahren hat die NAG ein für Triebwagenzwecke bestens brauchbares Stufengetriebe für 75 PS herausgebracht, bei dem die einzelnen Gänge mittels Reibkupplungen mit Druckluftbetätigung stoßfrei geschaltet werden, während die Zahnräder dauernd im Eingriff stehen[4]). Abb. 22 bis 24 zeigen das von den Deutschen Werken aus diesem Muster entwickelte vierstufige Getriebe für 100 bis 120 PS, mit dem die Triebwagen I und III ausgestattet sind. Triebwagen II hat ein Getriebe gleicher Bauart für 150 bis 200 PS. Bei beiden Getriebemustern wurden unter Beibehaltung der grundsätzlichen Elemente gegenüber dem 75 PS-Getriebe der NAG das Wendegetriebe mit dem Wechselgetriebe vereinigt. Die Zahnräder des Wendegetriebes bleiben neuerdings auch dauernd in Eingriff und werden mittels Druckluft durch verschiebbare Klauenkupplungen eingeschaltet. Die Kupplung des ersten Ganges ist von außerhalb des Getriebegehäuses ins Innere verlegt, wodurch sie gegen vorzeitigen Verschleiß durch Staub geschützt ist. Sämtliche Zahnräder laufen auf Wälzlagern. Zur Aufnahme der Längskräfte, die beim Schalten der einzelnen Kupplungen infolge der Druckluftwirkung abwechselnd nach beiden Seiten auftreten, dienen Doppeldruck-Kugellager.

Das Getriebe ist ferner für Druckluft- oder elektromagnetische Fernschaltung sehr geeignet[5]), wie sie bei Zugbildungen mit mehreren Triebwagen erforderlich ist. Triebwagen III ist mit elektromagnetischer Fernschaltung eingerichtet.

[4]) „Motorwagen" Bd. 28 (1925) S. 382.
[5]) AEG-Mitteilungen Juni 1925.

Räderschaltung

Gang	Übersetzung	Vorwarts	Rückwärts
1	1: 7,93	debci	debciafgk
2	1: 4,15	degfai	degk
3	1. 2,09	hgfai	hgk
4	1: 1,365	ci	ciafgk

Abb. 22 bis 24
Mittels Druckluft betätigtes Reibkupplungsgetriebe für 100 bis 120 PS.

a bis *k* Rädergetriebe
l_1 bis l_4 Druckluftschaltzylinder
m Hauptwelle
n Nebenwelle
o Triebwelle
p Umkehrwelle
q Ausschaltfeder
r Gangschaltung
s Umschaltung
t Umschaltzylinder für vor- und rückwärts
u Steuereinrichtung zur Entlüftung der Schaltzylinder

Abb. 25 Wirkungsgradkurven des mit Druckluft geschalteten Reibkupplungsgetriebes.
a 4ter Gang vorwärts
b „ „ rückwärts
c 3ter „ vorwärts u. rückwärts

Abb. 25 stellt den Verlauf des am Prüfstand gemessenen Wirkungsgrades des Reibkupplungsgetriebes für 150 bis 200 PS bei gleichem vollen Drehmoment und veränderlicher Drehzahl für den vierten und dritten Gang dar. Bei gleicher Drehzahl und veränderlichem Drehmoment tritt mit sinkender Belastung auch ein Abfall des Wirkungsgrades ein, der jedoch ebenfalls unerheblich ist und von voller bis auf halbe Last etwa 2 bis 3 vH beträgt.

Das mit Druckluft betätigte Reibkupplungsgetriebe ist anderseits verhältnismäßig schwer und teuer und seine Anwendung rechtfertigt sich nicht immer. Für diesen Fall wurde ein

mechanisch geschaltetes Klauenkupplungsgetriebe

gefunden, dessen Zahnräder dauernd im Eingriff stehen, und das mittels verschiebbarer Klauenkupplungen geschaltet wird.

Die Anordnung der Zahnräder und der Kraftfluß ist grundsätzlich derselbe wie beim Reibkupplungsgetriebe. Es ist von gedrungener Bauart mit kurzgelagerten schwingungsfreien Wellen. Die Schaltbewegung der Klauen wird von einer von den Führerständen aus mit der Hand betätigten, im Getriebegehäuse eingebauten Kurvenscheibe abgeleitet.

Achsantrieb

Bei Zweiachsern genügt hinsichtlich der erforderlichen Haftkraft in der Regel der Antrieb nur einer Achse, während bei vierachsigen Wagen die beiden inneren Achsen angetrieben werden. Jedem Achsantrieb ist zum Zwecke der Kurvenläufigkeit und der freien Durchfederung ein verschiebbares Kardangelenk vorgeschaltet.

Die Kegelräder des Achsantriebs sind in einem wagerecht geteilten Gehäuse aus Leichtmetall in Wälzlagern gelagert. Zur stoßfreien Aufnahme des Gegendrehmomentes dient eine federnde Abstützung des Achstriebgehäuses, die entweder am Drehgestellrahmen, Abb. 5 bis 7, oder bei Zweiachsern am Wagenboden befestigt ist.

Entwicklungsaufgaben

Gegenwärtig steht der Motor für derartige Triebwagen zweifellos an einem Wendepunkte seines Werdeganges. Das Dieselverfahren, insbesondere das kompressorlose, ist bereits heute so weit durchgebildet, daß es in nächster Zeit auch für größere schnellaufende Motoren von 150 PS Leistung und darüber Anwendung finden wird. Da jedoch an verschiedenen Plätzen des Auslandes die Spanne zwischen Gasöl- und Benzinpreisen so gering ist, daß die Ersparnis an Brennstoffkosten von dem höheren Kapitaldienst des Dieseltriebwagens aufgezehrt wird, ist damit zu rechnen, daß der Benzinmotor trotz seiner geringeren Wirtschaftlichkeit noch lange Zeit lebensfähig bleiben wird. In vielen Fällen wird jedoch die Wirtschaftlichkeit des Dieseltriebwagens überwiegen, insbesondere zu dem nicht mehr fernen Zeitpunkte, wo die Fortschritte in der konstruktiven Durchbildung und die Betriebserfahrungen es erlauben werden, die Instandhaltungskosten mit den gesamten Betriebskosten in besseren Einklang zu bringen.

Die Kraftübertragung für Fahrzeuge zielt nach Antrieben mit stufenloser Schaltung hin. Mechanische stufenlose Schaltgetriebe für die bisher betrachteten mittleren Leistungen würden gegenüber der Flüssigkeits-, Druckluft- und elektrischen Übertragung insofern Vorteil bieten, als sie mit geringsten Arbeitsverlusten verbunden sind. Nicht allein des stoßfreien Geschwindigkeitswechsels wegen ist nach stufenloser Schaltung zu streben, sondern sie weist auch wirtschaftliche Vorteile auf, da sie die Anpassung der Wagengeschwindigkeit unter Ausnutzung der vollen wirtschaftlichen Motorleistung an die wechselnden Streckenverhältnisse zuläßt.

Mit fortschreitender Entwicklung des Öltriebwagens macht sich das Streben nach Bewältigung von größeren Tagesleistungen, Steigungen und Zuggewichten und somit das Bedürfnis nach größerer Motorleistung von etwa 200 bis 300 PS und darüber geltend. Ob damit auch die mechanische Kraftübertragung gleichen Schritt halten wird, erscheint in Anbetracht der Schwierigkeiten, die mit Schaltgetrieben für die genannten Leistungen zu erwarten sind, zweifelhaft. Im Ausland, besonders in Amerika, ist man durch überwiegende Verwendung der elektrischen Übertragung vom Motor auf die Triebachsen den Schwierigkeiten des Getriebeproblems aus dem Wege gegangen. [B 1934]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 72 SONNABEND, 10. NOVEMBER 1928 Nr. 45

Die Raffination des Petroleums nach dem Edeleanu-Verfahren

Von R. Plank, Karlsruhe

Wesen und technische Durchführung des Verfahrens von Edeleanu zur Raffination von Petroleumdestillaten beliebiger Zusammensetzung. Das Verfahren benutzt flüssige schweflige Säure zum Trennen der schädlichen und der wertvollen Kohlenwasserstoffe in einem auf —10° gekühltem Mischer; das Lösungsmittel wird mittels Verdampfer bis auf 0,05 vH Verlust wiedergewonnen.

Blick in eine nach dem Edeleanu-Verfahren arbeitende Raffinationsanlage.

Während die chemische Industrie vor einem Vierteljahrhundert noch vorwiegend im Zeichen der organischen Chemie stand, hat sich seither ein deutlicher Umschwung in der Richtung der physikalischen Chemie vollzogen. Die Thermodynamik ist ein unentbehrliches Hilfsmittel des technischen Chemikers geworden, Druck und Temperatur bestimmen die chemischen Gleichgewichte und die Reaktionsgeschwindigkeiten der Vorgänge. Die neue Richtung hatte eine sehr starke Entwicklung der apparativen und maschinellen Hilfsmittel in der chemischen Großindustrie zur Folge. Die neuzeitlichen Hochdruckverfahren, die Erzeugung und Aufrechterhaltung tiefer und hoher Temperaturen, Werkstofffragen und wärmetechnische Gesichtspunkte erforderten in weitgehendem Maße die Mitarbeit der Maschineningenieure, die um so erfolgreicher mithelfen konnten, je mehr sie sich selbst mit den Anschauungen und Arbeitsweisen der Chemiker befreundeten. Auf diesem Grenzgebiet finden die „Chemie-Ingenieure" heute ein außerordentlich fruchtbares und vielseitiges Betätigungsfeld.

Ich möchte in den folgenden Abschnitten für ein Sondergebiet — die Raffination des Petroleums — zeigen, welch umfangreiches Arbeitsfeld sich dem Maschineningenieur eröffnet und wieviel bemerkenswerte Aufgaben zu lösen sind, wenn ein genial-einfacher erfinderischer Grundgedanke in die Formen der Wirklichkeit umgesetzt werden soll. Gleichzeitig liefert die hier zu schildernde Entwicklung ein Musterbeispiel für die große Fruchtbarkeit des Zusammenwirkens von Wissenschaft und Industrie.

Entwicklung des Verfahrens

Während die Erdölgewinnung in den 70 Jahren des Bestehens der Erdölindustrie eine stetige Entwicklung durchgemacht hat, sind merkwürdigerweise die Verfahren zur Veredelung der aus dem Rohöl gewonnenen Produkte lange Zeit recht einfach und unvollkommen geblieben. Bis zum Weltkrieg wurden die Petroleumdestillate ausschließlich einer Behandlung mit Schwefelsäure und einem nachträglichen Waschen und Neutralisieren mit Laugen unterworfen, wobei übelriechende, färbende und harzige Bestandteile entfernt werden. Dieses Verfahren lieferte bei der Gewinnung von Leuchtölen oder Schmierölen aus pennsylvanischem oder russischem Erdöl eine brauchbare Handelsware. Nach Erschließung weiterer Erdölquellen von anderer Zusammensetzung erwies sich aber das Raffinationsverfahren mit Schwefelsäure als durchaus ungeeignet, weil einerseits die erforderlichen großen Mengen des Raffinationsmittels das Verfahren sehr verteuern und anderseits die Schwefelsäure die zu entfernenden Bestandteile zerstört und in nicht verwendbare Abfallstoffe, sogenannte Säuregudrons, überführt. Den Ansporn für die neuzeitlichen Forschungen auf diesem Gebiet lieferte die Aufgabe, ein marktfähiges Leuchtöl aus rumänischem Rohöl herzustellen. Man hatte erkannt, daß besonders die Gegenwart kohlenstoffreicher Kohlenwasserstoffe (ungesättigte und aromatische Verbindungen) in diesen rumänischen Ölen für eine geruch- und rußfreie Verbrennung des Leuchtöls nachteilig waren. Die Aufgabe bestand daher in der Trennung der schädlichen ungesättigten und aromatischen Kohlenwasserstoffe

Zahlentafel 1

Ergebnisse der Behandlung von Erdöldestillaten mittels flüssiger schwefliger Säur

Herkunft	Spez. Gewicht		Behandlung mittels flüssiger schwefliger Säure bei + 10°				bei — 10°			
			Raffinat		Extrakt		Raffinat		Extrakt	
	Rohöl	Destillat	Spez. Gewicht	Ausbeute, bez. auf Destillat vH	Spez. Gewicht	Ausbeute, bez. auf Destillat vH	Spez. Gewicht	Ausbeute, bez. auf Destillat vH	Spez. Gewicht	Ausbeut bez. au Destilla vH
Bustenari	0,8580	0,8195	0,8060	66,6	0,8462	33,4	0,8030	75,0	0,8650	25,0
Tintea	0,8980	0.8200	0,8108	74,6	0,8482	25,4	0,8090	82,5	0,8730	17,5
Mexiko	0.8820	0,8020	0,7932	82,8	0,8472	17,2	0,7926	84,0	0,8640	16,0
Peru	0,8572	0,8175	0,8116	79,9	0,8520	20,1	0,8122	89,5	0,8630	10,5
Ballachany	0,8730	0,8185	0,8122	87,4	0,8520	12,6	0,8145	93,1	0,8920	6,9

von den wertvollen aliphatischen und Naphthen-Gruppen. Das alte Schwefelsäure-Verfahren genügte nur für Destillate mit geringen Mengen schädlicher Bestandteile. Unerwünschte chemische Veränderungen der Abfallstoffe und die hohen Kosten des Verfahrens führten dazu, die Lösung der Aufgabe nicht auf chemischem sondern auf rein physikalischem Wege zu suchen. Man stellte sich die Aufgabe, die schädlichen aromatischen Bestandteile aus den betreffenden Destillaten herauszulösen und mußte für diesen Zweck ein Lösungsmittel finden, das folgende Eigenschaften hat:

1. stark selektives Lösungsvermögen gegenüber den aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen,
2. leichte Trennung von den behandelten Kohlenwasserstoffen zwecks Wiedergewinnung,
3. billiger Preis und allgemeine Verbreitung.

Durchbildung des Verfahrens

Es ist das große Verdienst von L. Edeleanu, diesen als richtig erkannten Weg beschritten und das Ziel erreicht zu haben. Nach einigen unbefriedigenden Versuchen mit den üblichen Lösungsmitteln, wie Alkohol, Äther Essigsäure u. a., fand er schließlich als am besten geeignetes Mittel die flüssige schweflige Säure (Schwefeldioxyd, SO_2). Beim Schütteln von 100 Volumteilen eines Leichtöldestillates aus rumänischem Bustenari-Rohöl vom spezifischen Gewicht 0,8200 mit etwa 75 Volumteilen flüssiger schwefliger Säure erhielt man nach dem Absetzen zwei deutlich von einander getrennte Flüssigkeitschichten: die obere Schicht enthielt die gesättigten und die Naphthen-Kohlenwasserstoffe mit etwa 12 bis 15 vH SO_2, nach deren Verdampfung das nunmehr gereinigte Destillat (Raffinat) ein spezifisches Gewicht von nur 0,803 hatte; die untere Schicht enthielt große Mengen schwefliger Säure mit den darin gelösten aromatischen und ungesättigten Kohlenwasserstoffen. Nach Verdampfen der schwefligen Säure hatte dieser Extrakt ein spezifisches Gewicht von 0,865. Aus 100 Teilen Destillat hatte man dabei 75 Teile Raffinat und 25 Teile Extrakt gewonnen.

Bei der Mischung eines Erdöldestillats mit flüssiger schwefliger Säure löst sich zunächst SO_2 im Destillat auf bis die Sättigung erreicht ist. Die zur Sättigung notwendige Menge an SO_2 und auch der gesamte Bedarf an SO_2 wächst mit zunehmender Temperatur. Wenn Sättigung erreicht ist, tritt bei weiterem Zugießen von SO_2 die erwähnte Schichtenbildung ein. Sehr wichtig ist dabei die von Edeleanu festgestellte Erscheinung, daß die Selektivität des Lösungsvermögens der schwefligen Säure für die verschiedenen Kohlenwasserstoffe mit sinkender Temperatur stark zunimmt. Während nämlich die aromatischen und ungesättigten Kohlenwasserstoffe sowohl bei niedrigen wie auch bei höheren Temperaturen in jedem Verhältnis in SO_2 löslich sind, lassen sich die Grenz-Kohlenwasserstoffe bei Zimmertemperatur nur schwer, bei — 10° fast garnicht auflösen; die Löslichkeit der Naphthen-Kohlenwasserstoffe ist bei — 10° nur gering, sie nimmt aber mit steigender Temperatur rascher zu als bei den Grenz-Kohlenwasserstoffen. Aus diesem thermischen Verhalten folgt, daß man das Trennverfahren zweckmäßig bei tiefen Temperaturen durchführen muß. In Zahlentafel 1 sind für einige Rohöldestillate die Ergebnisse der Behandlung mit schwefliger Säure bei + 10° und — 10° miteinander verglichen.

Neben der höheren Ausbeute an Raffinat bietet die Anwendung tiefer Temperaturen noch den Vorteil, daß der Bedarf an schwefliger Säure viel geringer ist. Bei + 10° braucht man je nach der Zusammensetzung des Destillats 50 bis 100 vH mehr schweflige Säure als bei — 10°. Bei dieser tiefen Temperatur kommt man in den meisten Fällen mit 75 bis 80 Volumteilen SO_2 auf 100 Volumteile des Destillats aus. Zu einer Raffinationsanlage nach Edeleanu gehört also stets eine Kältemaschine, und es ist naheliegend, als Kälteträger ebenfalls SO_2 zu verwenden.

Je reicher ein Destillat an aromatischen Kohlenwasserstoffen ist, um so deutlicher ist die Verbesserung nach der Behandlung mit SO_2. Bei manchen Leuchtölen kann sich die Leuchtkraft dabei nahezu verdoppeln. Die Raffination mit flüssiger schwefliger Säure beschränkt sich aber keinesfalls auf Leuchtöldestillate, sondern sie kann auf alle Fraktionen des Erdöls wie auch auf die durch trockene Destillation aus Schiefer und Braunkohle gewonnenen Teere und deren Destillate angewendet werden. In allen Fällen tritt eine Trennung der verschiedenen Gruppen von Kohlenwasserstoffen ein. So erhält man aus der Benzinfraktion ein Extrakt, aus dem durch Destillation große Mengen von Benzol und Toluol gewonnen werden können; aus Schmieröldestillaten werden durch SO_2 neben aromatischen Kohlenwasserstoffen auch harzige und asphalthaltige Produkte ausgelöst.

Die Behandlung der Öle mit SO_2 bietet den weiteren nicht unerheblichen Vorteil, daß bei schwefelhaltigen Petroleumdestillaten die Schwefelverbindungen herausgelöst werden, so daß der Schwefelgehalt des Raffinats nur noch etwa 10 vH des Gehalts im ursprünglichen Destillat beträgt.

Technische Durchführung des Verfahrens

Die Ausgestaltung der Apparatur für den Großbetrieb wurde von den Firmen A. Borsig in Berlin-Tegel und N. V. Comprimo in Amsterdam in enger Zusammenarbeit mit der Allgemeinen Gesellschaft für chemische Industrie in Berlin durchgeführt. Dabei waren zahlreiche technische Einzelfragen zu lösen, um einen möglichst wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten.

Da schweflige Säure in Gegenwart von Wasser die Metalle leicht angreift, müssen alle Spuren von Wasser sorgfältig entfernt werden. Daher wird das zu behandelnde Destillat vor seiner Vermischung mit schwefliger Säure in Filtern, die mit Salz beschickt werden, getrocknet; die trotzdem mitgerissenen Spuren von Feuchtigkeit werden in Trockentürmen abgefangen.

Der Mischvorgang muß so durchgeführt werden, daß sich das Destillat mit der schwefligen Säure möglichst innig berührt. In dem Mischer bewegt sich das eingeführte Öl von unten nach oben und die schwerere schweflige Säure von oben nach unten; die beiden Flüssigkeiten durchdringen einander. Das aufsteigende Öl sättigt sich zunächst mit SO_2, dann tritt die Scheidung der Kohlenwasserstoffe und Schichtenbildung ein. Beim Aufsteigen begegnet das gereinigte Destillat immer neuen Mengen SO_2, welche noch die letzten aromatischen Be-

standteile auswäscht. Das leichte Raffinat liegt schließlich im oberen und das schwere Extrakt im unteren Teil des Mischers. Bei leichten Destillaten aus niedrig siedenden Fraktionen genügt im Mischer diese gegenseitige Durchdringung, so daß besondere mechanische Hilfsmittel entbehrlich sind. Bei schweren Ölen erhalten die Mischer entweder ein Füllmaterial (z. B. Raschigringe) oder Rührwerke.

Die technische Durchführung des Verfahrens bietet in wärmewirtschaftlicher Beziehung viel Bemerkenswertes. Die für den Mischvorgang aufgewendete Kälteleistung und die zur darauffolgenden Wiedergewinnung der schwefligen Säure in den Raffinat- und Extraktverdampfern verbrauchte Wärmeenergie werden soweit wie möglich in Gegenstromapparaten regeneriert; die Endstoffe, Raffinat und Extrakt, verlassen die Anlage daher mit nahezu derselben Temperatur, mit der das zu reinigende Destillat eintritt. Die Kältemaschine hat dann nur die unvermeidlichen Verluste zu decken und der Wärmeverbrauch beschränkt sich im wesentlichen auf die zur reinen Austreibung der schwefligen Säure aus dem Raffinat und dem Extrakt notwendige Wärme; dazu tritt noch ein Verbrauch an mechanischer Energie zur Verdichtung und Verflüssigung der ausgetriebenen schwefligen Säure und zur Fortbewegung der Flüssigkeiten. Bei großen Anlagen, bei denen die Kompressoren durch Dampfmaschinen betrieben werden, deren Abdampf für Heizzwecke dient, kommt man je Tonne Destillat mit 200 kg Dampf und 3 kWh aus. Die schweflige Säure wird, bis auf ganz geringe Spuren in dem abziehenden Raffinat und Extrakt, vollständig wiedergewonnen.

In Abb. 1 ist das Verfahren zunächst schematisch dargestellt. Das Rohdestillat (links), das mit etwa + 25° eintritt, wird zuerst durch das vom Mischer abfließende Gemisch von Raffinat und schwefliger Säure auf etwa 0° abgekühlt. Im Destillatkühler erfolgt dann die weitere Abkühlung durch die Kältemaschine bis auf — 10°. Die flüssige schweflige Säure (rechts) wird zunächst durch das vom Mischer abfließende Gemisch von Extrakt und schwefliger Säure auf etwa — 2° vorgekühlt und anschließend daran im SO_2-Kühler durch die Kältemaschine bis auf — 10° nachgekühlt. Destillat und schweflige Säure treten also mit einer Temperatur von — 10° in den Mischer, wo sich das Destillat vom Extrakt unter Schichtenbildung trennt. Das Raffinat (in unserm Beispiel 77 vH des Destillats) mit etwa 15 vH SO_2 wird nun im Wärmeaustausch mit dem ungereinigten Destillat bis auf etwa + 15 vH erwärmt und gelangt dann in den Raffinatverdampfer, wo mittels Abdampfes die gelöste schweflige Säure bis auf einen geringen Rest ausgetrieben wird. Das reine Raffinat fließt ab; da es aber noch eine ziemlich hohe Temperatur hat, so wird es neuerdings zur weiteren Vorwärmung der Raffinatlösung vor deren Eintritt in den Raffinatverdampfer benutzt.

Die Extraktlösung, die im Wesentlichen aus SO_2 besteht, wird nach Austritt aus dem Mischer zunächst im Wärmeaustausch mit reiner flüssiger schwefliger Säure auf etwa + 12° erwärmt, wonach im Extraktverdampfer die große Menge der schwefligen Säure in Gasform aus-

Abb. 1
Schematische Darstellung des Edeleanu-Verfahrens für rumänisches Destillat.

Abb. 2
Edeleanu-Raffinationsanlage für Rohdestillate.

getrieben wird. Das aus dem Extrakt- und Raffinatverdampfer ausgetriebene Gas tritt gemeinsam in den SO_2-Kondensator, wo es durch die Wirkung von Kühlwasser verflüssigt wird. Der Druck in den Verdampfern richtet sich nach der Temperatur des Kühlwassers und schwankt für mitteleuropäische Verhältnisse zwischen 3 und 5 at absolut.

Beschreibung der Anlage

Die Vorgänge in den ausgeführten Anlagen unterscheiden sich von dem einfachen Verfahren nach Abb. 1 vor allem dadurch, daß das Austreiben der schwefligen Säure aus der Extrakt- und Raffinatlösung in mehrstufigen Verdampfern erfolgt, wobei die erste Stufe unter Kondensatordruck, die zweite unter Atmosphärendruck und die dritte unter Vakuum steht; das Absaugen aus den beiden letzten Stufen besorgt ein zweistufiger Verdichter. Zur Beheizung aller drei Verdampferstufen dient Abdampf unter Zusatz von Frischdampf, wobei die Heiztemperatur in den niederen Stufen erhöht werden muß, um die schweflige Säure genügend weit auszutreiben. Ein noch wirtschaftlicherer Betrieb ergibt sich, wenn man vor die erste, mit dem Kondensator in Verbindung stehende Stufe eine oder zwei Hochdruckstufen (12 at und 9 at) vorschaltet, wobei die ausgetriebenen SO_2-Dämpfe dieser Stufen zum Heizen der nächst niedrigeren dienen und sich in diesen niederschlagen. Diese Mehrkörperverdampfung wird aber nur angewendet, wenn dem zu behandelnden Destillat 75 vH SO_2 oder mehr zugemischt werden müssen. Bei Petroleum- (Kerosen-) Destillaten genügen manchmal schon 50 Hundertteile.

In Abb. 2 sind die gesamten Vorgänge schematisch dargestellt, und man erkennt, daß die Anlage keineswegs einfach ist, wenn ein wirklich wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet werden soll. Das zu behandelnde Destillat (in Abb. 2 links) tritt nach Durchlaufen eines Trockenfilters, in dem es von Feuchtigkeit befreit wird, in einen Unterdruckkessel, aus welchem eine Pumpe die im Destillat gelösten trägen Gase absaugt. Eine Kreiselpumpe drückt das Destillat dann durch einen Vorkühler, wo es durch die vom Mischer ablaufende kalte Raffinatlösung auf etwa 0° abgekühlt wird. Die weitere Abkühlung auf —10° durch verdampfende schweflige Säure aus dem Kreislauf einer in Abb. 2 nicht angedeuteten Kältemaschine erfolgt im Destillat-Kühler. Danach tritt das Destillat von unten her in den Mischer ein und begegnet darin der kalten flüssigen schwefligen Säure; diese wird dem SO_2-Sammelbehälter entnommen, in welchem sie unter einem Druck von 3 bis 5 at absolut steht, der sich nach den Kühlwasserverhältnissen richtet. Die flüssige schweflige Säure wird nun erst im SO_2-Vorkühler durch die vom Mischer ablaufende kalte Extraktlösung auf etwa —2° abgekühlt und wird dann in den SO_2-Kühler entspannt, in welchem ein Druck von etwa 1 at absolut bei ständigem Absaugen der sich bildenden SO_2-Dämpfe durch die obere Stufe einer dreistufigen Gaspumpe aufrecht erhalten wird; dabei kühlt sich die schweflige Säure auf —10° ab; sie wird dann mittels einer Kreiselpumpe dem oberen Teil des Mischers zugeführt.

Nach erfolgter Trennung und Schichtenbildung im Mischer wird die schwere Extraktlösung aus dem unteren Teil des Mischers in einen Extraktspeicher abgelassen, aus dem sie durch eine Kreiselpumpe kontinuierlich abgesaugt wird. Sie wird nun zunächst in drei Stufen vorgewärmt, und zwar zuerst bis etwa +12° durch flüssige schweflige Säure, dann durch den aus dem letzten Extraktverdampfer abfließenden Fertigextrakt und schließlich durch den aus dem ersten Extraktverdampfer entweichenden

Abb. 3
Versuchsanlage für die Verarbeitung von 2 bis 3 t Destillat täglich.

a SO_2-Kühler
b Destillatkühler
c Mischer
d Extraktverdampfer
e Schaumfänger zu *d*
f Raffinatverdampfer
g Schaumfänger zu *f*
h Vorlagen

Abb. 4. Versuchsanlage für die Verarbeitung von 2 bis 3 t Destillat täglich.

a SO_2-Kühler
b Destillat-Kühler
c Mischer
d Extrakt-Verdampfer mit Rührw.
e Schaumfänger dazu
f Raffinatverdampfer mit Rührw.
g Schaumfänger dazu
h Vorlagen
i SO_2-Sammelbehält.
k Extrakt-Sammler
l Raffinat-Sammler
m SO_2-Kompressoren

Abb. 5
Neuzeitlicher Intensivverdampfer.

a Doppelrohre
b Sammler
c Schaumfänger (Abscheider)
d Eintritt des Öl-SO_2-Gemisches
e Ölaustritt zum nächsten Verdampfer
f SO_2-Gasaustritt
g Heizdampfeintritt
h Heizdampf-Verteilungsrohr
i Kondensat-Austritt

etwa 60 grädigen SO_2-Dampf, der dabei selbst kondensiert und in den SO_2-Sammler fließt. Die stark vorgewärmte Extraktlösung wird dann in das mehrstufige Verdampfersystem gedrückt, wo sie von der schwefligen Säure fast vollständig befreit wird. In der ersten Stufe erfolgt die Austreibung durch den Abdampf der Betriebsmaschine, wobei die Lösung auf etwa 60 ° erwärmt wird, so daß die ausgetriebenen SO_2-Dämpfe unter einem Druck von etwa 12 at abs stehen. Die teilweise entgaste Extraktlösung wird durch ein Drosselventil in die zweite Verdampferstufe abgelassen, wobei ihre Temperatur um etwa 10 ° sinkt und der Druck von 12 at absolut auf 9 at absolut fällt. Die im ersten Verdampfer gebildeten SO_2-Dämpfe dienen zur Beheizung der zweiten Stufe, wobei sie kondensieren und in flüssiger Form in den SO_2-Sammelbehälter gelangen. Dasselbe Spiel wiederholt sich zwischen der zweiten und dritten Verdampferstufe. Der Dampfraum des dritten Verdampfers, der als Hauptextraktverdampfer bezeichnet wird, und in welchem der Extrakt bis auf etwa 10 vH von SO_2 befreit wird, steht mit dem SO_2-Kondensator in Verbindung, so daß die hier gebildeten SO_2-Dämpfe durch die Wirkung des Kühlwassers bei einem Druck von 3 bis 5 at absolut im Kondensator niedergeschlagen werden. Die Extraktlösung tritt nun in den vierten Mitteldruck-Verdampfer, wo die schweflige Säure unter der vereinigten Wirkung der Wärme und des Absaugens durch die obere (dritte) Stufe der Gaspumpe ausgetrieben wird. Bei weiterem Übertritt in den fünften und sechsten Niederdruckverdampfer dienen zum Absaugen auch noch die beiden unteren Stufen der Gaspumpe, wobei im Extrakt nur ein SO_2-Rest von 0,02 bis 0,04 vH verbleibt. Nach der höchsten Verdichtungstufe der Gaspumpe wird das SO_2-Gas wieder dem SO_2-Kondensator zugeführt und dort durch Kühlwasser verflüssigt.

Aus dem letzten (sechsten) Verdampfer wird der Fertigextrakt durch eine Kreiselpumpe abgesogen; seine Eigenwärme dient noch zum teilweisen Vorwärmen der aus dem Mischer abfließenden kalten Extraktlösung im Extraktvorwärmer I.

Der Weg, der aus dem oberen Teil des Mischers entnommenen Raffinatlösung ist ganz ähnlich; er kann in Abb. 2 klar verfolgt werden. Durch den Raffinatspeicher, den Destillatvorkühler und den Raffinatvorwärmer tritt die Raffinatlösung in die Gruppe der Raffinatverdampfer. Die Anzahl der Stufen ist hier geringer als bei der Extraktlösung, weil der SO_2-Gehalt bedeutend niedriger ist. In der ersten Stufe, in der der Dampfraum schon mit dem SO_2-Kondensator in Verbindung steht, erfolgt die Austreibung zum Teil durch die heißen SO_2-Dämpfe des ersten Extraktverdampfers. In den weiteren Stufen wird die Austreibung wieder nicht nur durch Erwärmung, sondern noch durch Absaugen bewirkt, wobei mit sinkendem Verdampferdruck in den aufeinanderfolgenden Stufen die Anzahl der absaugenden Gaspumpenstufen wächst. Schließlich bleibt im Raffinat nur ein SO_2-Rest von 0,02 vH. Die unter gleichem Druck stehenden Extrakt- und Raffinatverdampfer werden durch eine gemeinsame Saugleitung von der Gaspumpe abgesogen. Da in den niedrigsten Verdampferstufen bei einer Verdampftemperatur von etwa + 60 ° schon leicht auch die niedrig siedenden Kohlenwasserstoffe mitverdampft werden können, so werden diese Dampfgemische zuerst durch Gaskühler geleitet, in denen sie mit einer Kältemaschine durch verdampfende schweflige Säure von — 10 ° gekühlt werden. Dabei verflüssigen sich die mitgerissenen Kohlenwasserstoffe und werden in einem Abscheider von den SO_2-Dämpfen getrennt. Diese treten noch durch einen Trockenturm, wo sie von Feuchtigkeitsspuren befreit und dann erst von der betreffenden Stufe der Gaspumpe angesogen werden. Die Entfernung der Feuchtigkeit ist mit Rücksicht

Abb. 6
Extraktverdampfergruppe mit Mischer im Hintergrund.

auf die bereits hervorgehobene Korrosionsgefahr sehr wichtig; für den gleichen Zweck ist auch ein besonderer Destillierkessel mit anschließendem Trockenturm (in Abb. 12 links oben) vorgesehen, so daß von Zeit zu Zeit die ganze SO_2-Füllung der Anlage entfeuchtet werden kann. Dadurch wird die Lebensdauer der Anlagen bedeutend verlängert; in der Tat befinden sich Anlagen, die im Jahre 1913 errichtet wurden, heute noch in unausgesetztem Dauerbetrieb.

In den Abbildungen 3 und 4 sind zwei kleinere Versuchsanlagen für die Verarbeitung von 2 bis 3 t Destillat am Tage dargestellt, während Abb. 5 einen modernen Intensivverdampfer zeigt. Über den eigentlichen Verdampfer wird stets ein besonderer Dom aufgebaut, der als Schaumfänger oder Abscheider wirkt. An den meisten Apparaten, besonders aber am Mischer, sind Schaugläser vorgesehen; die Schichtenbildung im Mischer kann daher stets gut beobachtet werden.

Das Titelbild, S. 1613, zeigt die Gesamtansicht einer großen Raffinationsanlage für die Verarbeitung von 250 t Schmieröl täglich; dabei müssen dem Destillat 150 vH flüssige schweflige Säure zugemischt werden. In Abb. 6 ist eine Reihe von Verdampfern für diese Anlage dargestellt, und im Hintergrund sind die großen Mischer zu erkennen.

Die gesamte Leistung der bisher nach dem Edeleanu-Verfahren ausgeführten Anlagen beträgt etwa 8000 t Öl täglich. In diesen Anlagen werden sowohl Leichtöle (Benzine) wie auch Leuchtöle und Schmieröle raffiniert. Solche Anlagen stehen sowohl in Europa (Rumänien, Frankreich und Deutschland) wie auch in Asien (Niederländisch-Indien) und neuerdings in ganz großen Einheiten in den Vereinigten Staaten (Californien). An diesen Anlagen wurden sehr wertvolle Betriebserfahrungen gesammelt, so daß das Edeleanu-Verfahren heute als technisch vollkommen durchgebildet angesehen werden kann. [B 1564]

Literatur:

P. Jodeck, Das Edeleanu-Verfahren zur Verarbeitung von Erdölprodukten und anderen Mineralölen. Z. f. d. ges. Kälteindustrie Bd. 20 (1923) S. 161.

L. Edeleanu, Die Raffination des Erdöls mit verflüssigter schwefliger Säure. Zeitschrift „Petroleum", Bd. 19 (1923) S. 1195.

J. Rosenberg, Darstellung des Edeleanu-Verfahrens (als Manuskript gedruckt).

G. Cattaneo, Technik und Ökonomie des Edeleanu-Verfahrens zur Raffination von Mineralölen. Zeitschrift f. d. ges. Kälteindustrie, Bd. 35 (1928) S. 173.

Normung der Schachtabdeckungen

Die Normungsarbeiten für Schachtabdeckungen sind innerhalb des Deutschen Normenausschusses im Arbeitsausschuß zur Normung gußeiserner Kanalisationsgegenstände, der sich aus Vertretern der Herstellerfirmen, des Handels, der Installateure und der Reichs- und städtischen Behörden zusammensetzt, durchgeführt worden und erstrecken sich auf die Festlegung von

- runden Rahmen mit glattem Fuß mit Schlupfweite 500, 615 und 700 mm,
- quadratischen Rahmen mit glattem Fuß mit Schlupfweite von 500 und 600 mm und
- quadratischen Rahmen mit Flanschfuß mit Schlupfweite von 500 und 600 mm.

Zu den Rahmen passend sind eiserne Deckel mit Riffelung und mit Holz- und Asphaltfüllung geschaffen. Diese drei Deckelformen sind so ausgebildet, daß man sie für alle drei Rahmenformen benutzen kann.

Die Schachtabdeckungen mit Kennmaß 500 und 600 sind für Kanalisationszwecke, die mit Kennmaß 700 in erster Linie für die Kabelschächte der Reichspost geschaffen. Aus diesem Grunde hat man den Deckel der Größe 700 mit einer Vorrichtung zum Eingreifen von Hebezangen versehen, um die bei der Reichspost übliche Art des Heraushebens des Deckels mittels Hebezangen auch bei Anwendung genormter Gußstücke einhalten zu können.

Neben diesen Schachtabdeckungen, die im wesentlichen bei mittlerem Verkehr zur Anwendung kommen, erstreckt sich die Normung auch auf die Schachtabdeckungen für schwersten Verkehr, und zwar sind hierfür ein quadratischer und ein runder Rahmen mit Schlupfweite von 510 mm mit einem für beide Rahmen passenden Deckel für Holzfüllung festgelegt. Als quadratische Ausführung ist die unter dem Namen „Berliner Schachtabdeckung" bekannte Form übernommen worden, da sie erfahrungsgemäß dem schwersten Verkehr gewachsen ist und gießereitechnisch die zweckmäßigste Form hat. Sinngemäß ist die runde Schachtabdeckung durchgebildet.

Die gesamte Reihe der Schachtabdeckungen liegt unter dem Titel „Schachtabdeckungen für Fahrbahn", DIN 1214 bis 1224, seit April 1928 endgültig vor und ist von der Vertriebstelle des Deutschen Normenausschusses — dem Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu beziehen.

Bei Bearbeitung der Normen ist ganz besonders auf eine einwandfreie konstruktive und wirtschaftliche Ausbildung der Rahmen und Deckel geachtet worden. Zur Vermeidung des Kippelns der Deckel im Rahmen und zum besseren Einsetzen der Deckel ist die Innenfläche der Rahmen mit sechs Nocken versehen. Die Rahmen für mittleren Verkehr weisen an den Deckelauflagern zwei gegenüberliegende Vertiefungen zum Einhängen der in DIN 1221 aufgeführten genormten Schmutz- oder Ringschmutzfänger auf. Die Höhe der Rahmen mit Flanschfuß ist mit Rücksicht auf die Höhe der Pflastersteine auf 205 mm festgelegt, um dadurch einen guten Anschluß der Schachtabdeckungen an das Steinpflaster zu gewährleisten.

Außerdem ist die für die Verkehrssicherheit wichtige Art der Riffelung bei Rahmen und Deckel genau festgelegt. Um eine möglichst gute Haltbarkeit der Deckel zu erreichen, hat man alle Deckelformen mit 12 Rippen versehen, die zwischen den Lüftschlitzen liegen. Die Lüftschlitze haben solche Maße, daß bei ausreichender Wirkung ein Festklemmen der Hufstollen, Absätze usw. ausgeschlossen ist.

Von einer Verschraubung der Holzklötze am Deckelboden bei den Deckeln für Holzfüllung hat man wegen der allzuschnellen Zerstörung der Schrauben durch Rost Abstand genommen. Die bei den Deckeln für Asphaltfüllung kreuzweis angeordneten Verstärkungsrippen sind mit Auskragungen versehen. Dies beugt dem leichten Herausquellen des Asphalts bei starker Hitze vor.

Um die Zugehörigkeit von Rahmen und Deckel und die Austauschmöglichkeit der verschiedenen Rahmen- und Deckelformen untereinander zu kennzeichnen, sind einheitliche Kennmaße (500, 600 und 700) eingeführt, die den genauen und abgerundeten Schlupfweiten der Rahmen entsprechen. Kennmaße, DIN-Nummer und Namen oder Zeichen des Herstellers sind auf jedes Gußstück einzugießen. Dadurch wird die Zugehörigkeit von Rahmen und Deckel sofort ersichtlich. [N 2146] Gampe

Der Kaffee und seine technische Zubereitung

Zu dem Aufsatz von Unterweger in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 31 S. 1092 möchte ich bemerken, daß in den Aufbereitungsanstalten der Kaffeefazendas im Staate São Paulo, Brasilien, vor der Aufbereitung in trockenem oder nassem Verfahren noch eine Desinfektion des geernteten Kaffees vorgenommen werden muß. Die Kaffeekirschen werden zu diesem Zweck in Betonbehälter gebracht und einige Stunden lang mit Schwefelkohlenstoff oder andern Chemikalien behandelt. Diese Maßnahme hat den Zweck, organische Schädlinge, vor allem den Bohrkäfer (stephanoderes coffeae hag) oder dessen Eier zu vernichten, der namentlich in den Jahren 1923/24 in den Kaffeefazendas von São Paulo großen Schaden angerichtet hatte. Um eine Verschleppung dieses Insektes in andre Gebiete zu verhüten, sieht man in Brasilien streng darauf, daß der Kaffee überall desinfiziert wird. Die Abfälle müssen verbrannt werden und es ist verboten, Kaffeepflanzen von einem Gebiet in ein andres zu bringen.

Die Maschinen für die Aufbereitung des brasilianischen Kaffees, die früher eingeführt wurden, werden jetzt fast ausschließlich von der „nationalen" Industrie in den Maschinenfabriken in Rio de Janeiro und São Paulo hergestellt.

Berlin Dr.-Ing. Georg Sinner

Hierzu bemerkt der Verfasser, Ing. M. Unterweger, Santa Ana, El Salvador, daß die Desinfektion in Mittelamerika nicht erforderlich sei. Die Behandlung der Kaffeepflanze sei hier viel intensiver und individueller, so daß sich Kaffeeschädlinge noch nicht in gefährlichem Umfang eingebürgert hätten. Wenn sie aufträten, könnten sie rechtzeitig erkannt und vernichtet werden. [N 2204]

Zur Theorie des Fräsvorganges

Von Dr.-Ing. C. Salomon, Berlin-Halensee

Die theoretische Verfolgung des Zerspanungsvorganges beim Fräsen ergibt im Gegensatz zum Drehen die Notwendigkeit einer streng mathematischen Behandlung der geometrischen Veränderlichkeiten unter Einbeziehung der technologischen Gesetzmäßigkeiten. Die mathematische Entwicklung führt zu einer bisher ungelösten Gleichung des Fräsintegrals, dessen Lösung gezeigt wird. Es ergeben sich dadurch einfache, sinnfällige Ergebnisse für die Werkstatt. Die endgültige Klärung des Zusammenhanges zwischen Schnittiefe und Vorschub, sowie des Einflusses von Zähnezahl und Durchmesser folgt hieraus; die grundlegenden Gleichungen für die einzelnen Abhängigkeiten werden abgeleitet. Die Eigenart des Zerspanungsvorganges beim mehrschneidigen umlaufenden Werkzeug ergibt gegenüber dem einschneidigen Werkzeug grundsätzliche Unterschiede mit Rücksicht auf die Maschinengestaltung.

Allgemeines

Die Verfolgung des Zerspanungsvorganges beim Fräsen gestaltet sich gegenüber dem beim Drehen deshalb erheblich verwickelter, weil die veränderlichen Bestimmungsgrößen viel zahlreicher sind.

Beim Drehen wird der wirksame Spanquerschnitt f_s aus zwei Größen, Schnittiefe t und Vorschub s[1]), und der Schnittdruck P als Produkt aus Spanquerschnitt und spezifischem Schnittwiderstand k_s bestimmt.

Beim Fräsen dagegen wird der wirksame Spanquerschnitt f_s aus fünf Größen bestimmt: der Fräsbreite b, der Schnittiefe t, dem Vorschub je Umdrehung s_n, dem Fräserdurchmesser D und der Zähnezahl z des Fräsers. Außerdem ist der wirksame Spanquerschnitt f_s während einer Frässpanabhebung stetig veränderlich, so daß auch der hiervon abhängige absolute Schnittdruck P_u veränderlich wird. Überdies ist der größte Schnittdruck lediglich eine Rechnungsgröße, die zwar die meisten Berechnungsverfahren zu ermitteln anstreben, die aber in Wirklichkeit für den Kraftverbrauch und das Kräftespiel beim Fräsvorgang nicht unmittelbar maßgebend ist. Hierzu ist vielmehr die Ermittlung des wirksamen, d. h. mittleren Schnittdruckes erforderlich, der auftritt, wenn mehrere Zähne gleichzeitig im Eingriff stehen. Bedenkt man hierbei, daß nun auch noch die Zahl der im Eingriff stehenden Zähne periodisch wechselt und zuweilen gleichzeitig mehrere Frässpäne an verschiedenen Stellen abgehoben werden, so kann man sich ein Bild über den Umfang und die Verwickeltheit der Fragen machen, die eine richtige und auch für die Praxis übersichtliche verwertbare Theorie des Fräsens zu lösen hat.

Untersuchung der Veränderlichkeiten

Es sollen deshalb zunächst die Veränderlichkeiten für den einzelnen Frässpan betrachtet werden.

In Abb. 1 bis 9 und der dazu gehörenden Zusammenstellung sind die Zusammenhänge vergleichsweise für den Zerspanungsvorgang beim Drehen und Fräsen dargestellt.

Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß es nicht möglich sein kann, ebenso einfache Gesetze zur Bestimmung von Schnittdruck, Leistung usf., wie bei der Dreharbeit auch für die Fräsarbeit aufzustellen.

Zudem rechnet das Drehen als gleichbleibender Vorgang mit sinnfälligen Größen, während das Fräsen als recht verwickelter, veränderlicher Vorgang, sich einer unmittelbaren und sinnfälligen Betrachtung entzieht.

Die Praxis stellt klare und genaue Fragen, zu deren Beantwortung verwickelte, wenn auch vielleicht mathematisch richtige Formeln nicht geeignet sind. Hieraus ist auch zu erklären, daß viele Ergebnisse einer streng theoretisch durchgeführten Untersuchung des Fräsens von der Praxis auf Grund erfahrungsmäßiger Feststellungen bereits seit langem teilweise vorweggenommen sind[2]).

Trotzdem wartet auch heute noch die Praxis[3]) auf die klare Beantwortung einer Reihe von Fragen, die infolge widersprechender Versuchsergebnisse immer wieder brennend und umstritten werden. Es sei hier, um nur kurz die wichtigsten Aufgaben herauszugreifen, an die Frage der rechnerisch einwandfreien Bestimmung des Schnittdruckes, seiner periodischen Veränderlichkeit, die Klar-

[1]) Vergl. Klopstock, „Die Untersuchung der Dreharbeit". Ber. Versuchsf. f. Werkzeugmasch. a. d. T. H. Berlin, Heft 8, Berlin 1926.

[2]) Vergl. J. Reindl, Vergleichende Fräsversuche, Blätter f. d. Betrieb 1908 Heft 1 und Z. f. prakt. Maschinenbau Bd. 2 (1910) S. 56.

[3]) Vergl. K. Hegner, „Forschung und Praxis in der Zerspanung", Sonderheft Zerspanung des „Maschinenbau", Berlin 1926, VDI-Verlag, S. 1.

Abb. 1 bis 3
Einfluß der Werkzeugform beim Drehen.

Spanquerschnitt ($t \times s$) gleich bei I, II; Werkzeugform verschieden bei I, II } Zerspanungsvorgang gleich

P Schnittdruck kg
k_s spezifischer Schnittwiderstand kg/mm²
$_s$ wirksamer Spanquerschnitt $- t s$
t Schnittiefe mm
s Vorschub mm/Umdr.
l Spanlänge mm
A Zerspanungsarbeit mkg

Zerspanungsvorgang beim Einzelspan

Drehen (Einschneidiges Werkzeug)		Fräsen (Mehrschneidiges Werkzeug)	
veränderlich	gleichbleibend	veränderlich	gleichbleibend
	s		b
	t	s_e	
	f_s	f_s	
	k_s	k_s	
	P	P_u	
A		A_z	

Eine andre Werkzeugform ändert den Zerspanungsvorgang

Drehen	Fräsen
nicht	heidend

Die auftretenden Veränderlichkeiten sind

Drehen	Fräsen
einfach (linear)	verwickelt (transzendent

Es können gleichzeitig zerspanen

Drehen	Fräsen
eine Schneide einen gleichbleibenden Spanquerschnitt	Veränderlich viele Schneiden viele einander überdeckende veränderliche Spanquerschnitte

Abb. 4 bis 9
Einfluß der Werkzeugform beim Fräsen

Spanquerschnitt $b\ t\ s$ gleich bei I, II und III; Werkzeugform (Dmr.) verschieden bei I, II und III } Zerspanungsvorgänge grundlegend verschieden

P_u Schnittdruck (tangential) kg
k_s spezifischer Schnittwiderstand kg/mm²
$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ Spanumfangswinkel
$s_{u\varphi}$ Spanbogen mm
s_e wirkliche Spandicke mm $= s_z \sin \varphi$
s_z Vorschub je Zahn mm
t Schnittiefe mm b Fräsbreite mm
A_z Zerspanungsarbeit eines Zahnes mkg

legung der Ungleichförmigkeit als Ursache von Erreger- und Resonanzschwingungen, die Bestimmung des Kraftverbrauchs, die günstigsten Arbeitsverhältnisse mit Rücksicht auf die Ausnutzung der Maschine einerseits und die Ausnutzung des Werkzeuges anderseits erinnert, ferner an die Bestimmung der auf die Maschinenteile wirkenden Reaktionskräfte, günstigste Form des Fräsers nach Durchmesser, Zähnezahl, Bohrung und Schnittwinkel, Zusammenhang zwischen Zähnezahl und Spiralsteigung u. a. m.

Es muß deshalb in fast allen Veröffentlichungen immer wieder auf die durch die Praxis längst überholten theoretischen Begründungen von Fischer[4]) zurückgegriffen werden[5]). Fischer hat jedoch als erster die verwickelten geometrischen Zusammenhänge des Fräsvorganges systematisch-theoretisch untersucht und ist hierbei auf Grund von Annahmen, entsprechend dem damaligen Stande der Zerspanungswissenschaft — sofern man von einer solchen überhaupt sprechen konnte —, zu Schlüssen gekommen, die nach der mathematischen Betrachtungsweise zwingend erschienen, in der Praxis sich jedoch als Trugschlüsse herausgestellt haben. Dieser Widerspruch erklärt sich wie folgt: Fischer geht davon aus, daß der spezifische Schnittwiderstand annähernd gleich bleibe. Durch diese Annahme ergibt sich beim mathematischen Ansatz zufällig eine recht elegante Lösung, die eine Reihe von leider ziemlich weit verbreiteten Schlüssen zuläßt. Beispielsweise kann man mit der Fischerschen Lösung streng mathematisch beweisen, daß die Anzahl der Zähne ohne Einfluß auf den Kraftverbrauch ist und ebenso, daß die Leistung, um eine bestimmte Schicht abzufräsen, genau der beim Hobeln entspricht. Beide Schlußfolgerungen sind für den Praktiker unannehmbar.

Die Veränderlichkeit des spezifischen Schnittwiderstandes in Abhängigkeit vom Spanquerschnitt ist bei der Dreharbeit zuletzt im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin (Prof. Schlesinger) durch Klopstock ausführlich behandelt worden. Dieses Gesetz, das, anfangend bei Taylor, schon von einer großen Reihe von Forschern qualitativ bestätigt worden ist, läßt im einzelnen jedoch verschiedene Auslegungen zu bezüglich der Bedeutung der Zusammensetzung des Spanquerschnittes nach Vorschub und Schnittiefe, der Größe der Zahlenbeiwerte usf.[6]).

Es hat nun nicht an Ansätzen gefehlt, die für die Dreharbeit gültigen Gesetze auch auf die Betrachtung des Fräsvorganges zu übertragen. Die meisten Versuche sind jedoch an der Schwierigkeit, die vielen Veränderlichen gleichzeitig in klarer Weise zusammenzufassen, gescheitert. Zudem führt die mathematische Behandlung der Fräsarbeit auf eine Integralgleichung, deren Auflösung nur durch die Entwicklung einer verwickelten Reihe möglich ist. Man hat deshalb verschiedentlich versucht, an Stelle der genauen Lösung Annäherungsgleichungen zu finden[7]), die zwar nicht in ihrem kennzeichnenden Verlauf gleich, dafür aber leichter oder überhaupt lösbar sind. Die Art dieser Kompromisse bedingt es, daß sie auch die von der Praxis klar und genau gestellten Fragen nicht beantworten. Man konnte deshalb berechtigterweise von einem „Problem des Fräsintegrals" sprechen, dessen gesuchte Lösung vermutlich auch die Lösung einer einfachen und klaren rechnerischen Erfassung des Fräsvorganges in sich barg.

Das fast völlige Fehlen einer Theorie der Fräsarbeit erklärt es nunmehr auch, daß der Wert der an verschiedenen Stellen zur Klärung der Fragen vorgenommenen Versuche mehr oder weniger einseitig bleiben mußte, solange es nicht möglich war, einen gemeinsamen Hauptnenner zu finden und dadurch eine entsprechende Kritik zu ermöglichen. Dies mag vielleicht dazu beigetragen haben, vor Fräsversuchen ähnlich großen Umfanges, wie sie bei der Dreharbeit durchgeführt wurden, abzuschrecken, da der Erfolg nach früheren Erfahrungen von vornherein zweifelhaft erscheinen mußte[8]).

Eine Theorie des Fräsens, die in ihren Ergebnissen die Praxis befriedigen soll, muß von einer klaren und einfachen Grundformel aus ohne weiteres eine leichte rechnerische Bestimmung der einzelnen Veränderlichen des Fräsvorganges und ihres kennzeichnenden Einflusses ermöglichen. Das bedeutet: Man muß bei beliebiger Antriebleistung, beliebigem Werkstoff, beliebiger Maschine und beliebigem Werkzeug die zweckmäßigste Arbeitsweise im voraus bestimmen und beurteilen können. Die Schlußfolgerungen werden in gleicher Weise den Fräser- und den Fräsmaschinenbau befruchten.

Die erstrebte Grundlage, deren Zweck es ist, eine Brücke zwischen Theorie und Praxis zu schlagen, kann man nur im Gesetz der Abhängigkeit des spezifischen Schnittwiderstandes vom Spanquerschnitt und dessen restlose Berücksichtigung in einer übersichtlichen Formel

Abb. 10
Berechnung des Spanquerschnittes.

D Fräserdurchmesser $= 2\,r$ mm
$M - M_1$ Weg des Fräsers beim Vorschub s_z mm
φ Spanumfangswinkel
s_e wirkliche Spandicke mm, entsprechend s_z
s_z Vorschub je Zahn mm
σ_e wirkliche Spandicke mm, wenn der Zahn beim Vorschub s_z den Winkel ψ zurückgelegt, also die Tiefe τ gefräst hat

(vergl. a. Abb. 4 bis 9)

für den Kraftverbrauch finden, bei gleichzeitiger Erfassung der veränderlichen gegenseitigen Abhängigkeit der fünf Bestimmungsgrößen des Fräsvorganges. Ist dieses Ziel erreicht, so können mit einem Schlage sämtliche vorliegenden, z. T. recht umfangreichen Fräsversuche einheitlich ausgewertet und auf ihre Übereinstimmung oder den Grad ihrer Abweichung hin verglichen werden. Dies gilt natürlich nur unter der Voraussetzung, daß die Durchführung und die Ergebnisse der Versuche eine vollständige Berücksichtigung aller Einzelheiten zulassen. Damit können aber auch die Zahlenwerte der Versuchsarbeiten von den verschiedenen zufälligen Versuchsbedingungen losgelöst und auf beliebige Anwendungsfälle verallgemeinert werden. Der Praxis wird dann mit einer einwandfreien Theorie des Fräsens die Möglichkeit gegeben, unter Einhaltung beliebiger Versuchsbedingungen das Gebiet allgemein zu klären und dadurch die Wirtschaftlichkeit kostspieliger Versuche im vorhinein sicherzustellen.

---

[4]) Vergl. Fischer, Werkzeugmaschinen, 2. Aufl., Berlin 1905, S. 17.

[5]) Vergl. J. Reindl in „Betriebshütte", 2. Aufl., Berlin 1924, S. 991; Preger, Werkzeugmaschinen, Leipzig 1927, S. 106.

[6]) Vergl. Boston, „A Research in the elements of metal cutting" Trans. Am. Soc. Mech. Engs. Bd. 48 (1926) S. 749.

[7]) Vergl. C. G. Barth, Industr. Management Bd. 58 (1919) S. 169 und Trans. Am. Soc. Mech. Engs. Bd. 43 (1921) S. 605; Sven Hedin, Tekn. Tidskr. Bd. 52 (1922) S. 337.

[8]) Dieses Schicksal mußten deshalb auch bis jetzt die äußerst wertvollen und mit großer Sorgfalt durchgeführten Versuche von Beckh teilen. (Die Metallbearbeitung mittels Walzenfräser „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 497 u. f.) wenigstens solange ihre Auswertung und damit die Verallgemeinerung ihrer Ergebnisse auf Grund eines richtigen theoretischen Gerüstes nicht möglich war.

Der Fräsvorgang

Die Betrachtung des Zerspanungsvorganges beim Fräsen, Abb. 10, erstreckt sich, zunächst ohne Berücksichtigung der Wirkung der Schraubenlinie (Spirale), zweckmäßig auf den Einzelspan, dessen Abhebung und die hierbei auftretenden veränderlichen Kräfte.

Der wirksame Spanquerschnitt f_s wird bestimmt durch die Schnittbreite b und die tatsächliche augenblickliche Spandicke s_e. Ist s_z der Vorschub je Zahn, D der Fräserdurchmesser, t die Schnittiefe und φ der Spanumfangswinkel, so berechnet sich die tatsächliche Spandicke σ_e bei einer beliebigen Schnittiefe τ und dem dazu gehörigen Spanumfangswinkel ψ zu[9])

$$\sigma_e = s_z \sin \psi = s_z\, 2 \sqrt{\frac{\tau}{D} - \frac{\tau^2}{D^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (1).$$

An der dicksten Stelle des Spanes wird $\tau = t$ und $\psi = \varphi$. Mit $s_z = \frac{s_n}{z}$, wobei s_n den Vorschub je Umdrehung und z die Zähnezahl des Fräsers bedeutet, wird dann der wirksame Spanquerschnitt an der dicksten Stelle:

$$f_s = b\, s_e = \frac{b\, s_n}{z}\, 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (2).$$

Man ersieht hieraus, daß man schon zur Bestimmung lediglich des wirksamen Spanquerschnittes sämtliche fünf Veränderlichen des Fräsvorganges heranziehen muß:

beim Werkstück b und t,
bei der Maschine s_n
und beim Werkzeug D und z.

Der Schnittdruck, der an der dicksten Stelle des Spanes tangential auftritt, ist:

$$P_u = f_s\, k_s = \frac{2\, b\, s_n}{z} \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}\, k_s \quad . \; . \; . \; . \; . \; (3),$$

worin k_s den spezifischen Schnittwiderstand des Werkstoffes bezeichnet.

Beim Abtrennen eines Frässpanes längs des Spanbogens s_{u_φ} wechselt die Spandicke sinusförmig von null bis zu einem Höchstwert bei $t = D/2$ und nimmt hiernach wieder bis auf null bei $t = D$ ab. Damit ergibt sich aber auch ein ähnlicher Verlauf von P_u, so daß die Berechnung des wirksamen, d. h. mittleren Schnittdruckes P_m, nicht so einfach ist, wie es die schematische Gl. (3) zum Ausdruck bringt, da die Bedeutung des daraus ermittelten Höchstwertes von P_u als Arbeitsgröße fraglich ist. Praktisch tritt dieser Wert, von seltenen Ausnahmefällen abgesehen, überhaupt nicht auf, sondern nur ein mittlerer ausgeglichener Wert P_m, der allein für die resultierenden Reaktionskräfte und die Ermittlung des Kraftverbrauches in Frage kommt. Das Verhältnis dieser beiden Größen P_u und P_m[10]) wird im einzelnen noch in einer späteren Abhandlung über die Untersuchung des Ungleichförmigkeitsgrades behandelt werden.

Es erscheint zweckmäßig, um nicht mit dem stetig veränderlichen Wert von P_u rechnen zu müssen, als neue Rechnungsgröße den Begriff der Spanarbeit A_z einzuführen. Es gilt dann:

Spanarbeit = Schnittdruck × Schnittweg

$$A_z = P_u\, s_u = (b\, s_e)\, k_s\, s_u \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4).$$

Berücksichtigt man in dieser wiederum nur schematischen Gleichung die stetige Veränderlichkeit von s_e und damit von P_u, so erhält man für die Abtrennung eines Frässpanes längs des Spanbogens s_{u_ψ} unter Beachtung von:

$$\mathrm{d}\, A_z = s_z\, b\, k_s \sin \psi\, r\, \mathrm{d}\, \psi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

die Spanarbeit

$$A_z = s_z\, b\, k_s\, r \int \sin \psi\, \mathrm{d}\, \psi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5a).$$

Bis zur Schnittiefe t, der ein Spanbogenwinkel φ entspricht, ergibt sich dann nach Auflösung des Integrals

$$A_z = s_z\, b\, k_s\, r\, (1 - \cos \varphi) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5b).$$

Da nach Abb. 10

$$\cos \varphi = 1 - \frac{t}{r}$$

ist, so erhält man, wenn man nach Fischer[11]) k_s als unveränderlich betrachtet, die erwähnten falschen Ergebnisse, daß die Leistung eines Fräsers, der die Schicht $(b\, t)$ mit der Vorschubgeschwindigkeit c abfräst, gleich der eines Hobelstahls ist, der dieselbe Schicht mit der Schnittgeschwindigkeit c abhobelt, und daß der Fräserdurchmesser und die Zähnezahl ohne Einfluß auf den Kraftverbrauch sind.

Diese beiden scheinbar so schlüssigen Folgerungen wurden von Reindl[12]) mit eingehenden Zahlenangaben widerlegt, und es wurde nachgewiesen, daß der spezifische Schnittwiderstand k_s beim Fräsen in ähnlicher Weise veränderlich sein muß, wie es beim Drehen schon Taylor u. a. nachgewiesen hatten. Reindl hatte festgestellt, daß der spezifische Kraftverbrauch bei größeren Vorschüben, d. i. bei gröberen Spänen, abnimmt und eine gröbere Teilung des Fräsers sich als überlegen erweist. Ferner wird durch Steigerung der Schnittgeschwindigkeit bei gleichbleibendem Vorschub (d. i. Verkleinerung von s_z) der Kraftverbrauch erhöht. Durch diese drei Feststellungen war einwandfrei im Gegensatz zu Fischers Annahme der maßgebende Einfluß der Veränderlichkeit des spezifischen Schnittwiderstandes beim Fräsen bewiesen.

Reindls Feststellungen wurden kurze Zeit darauf von De Leeuw[13]) durch weitere Fräsversuche bestätigt.

Trotz dieser klaren Feststellungen der Praxis, deren Veröffentlichung jetzt nahezu zwanzig Jahre zurückliegt, hat die Wissenschaft gezögert, bei der theoretischen Behandlung des Fräsens die entsprechenden Schlußfolgerungen zu ziehen, so daß die Werkstattpraxis sich notgedrungen von der Wissenschaft entfernte und die Führung übernahm. Leider konnten aber auch infolgedessen fast alle nunmehr folgenden Versuche[14]) weniger qualitativ allgemein als hauptsächlich quantitativ für den Einzelfall der besondern zufälligen Versuchsbedingungen bewertet werden; ihr Nutzen mußte deshalb stark beschränkt bleiben. Eine Verallgemeinerung auf andre als bei den Versuchen benutzte Fräserdurchmesser, andre Zähnezahlen, andre Schnittiefen usw. war nicht möglich.

Auch wurden die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen den fünf Veränderlichen b, t, s_z, D und z, die sich größtenteils als mathematische Beziehungen darstellen lassen, trotz des stellenweise erheblichen Umfanges der Fräsversuche nicht geklärt.

Ergebnisse und Bedeutung der theoretischen Behandlung des Fräsens.

Es soll nun im folgenden gezeigt werden, welche Ergebnisse die theoretische Behandlung des Fräsens, unter Berücksichtigung eines veränderlichen spezifischen Schnittwiderstandes k_s zu bringen vermag, und inwieweit diese Ergebnisse eine Bedeutung für die Praxis, sei es für die Gestaltung des Werkzeuges, sei es für die der Maschine, haben können.

Der spezifische Schnittwiderstand k_s möge abhängig vom Spanquerschnitt

$$f_s = b\, s_e$$

sein, wobei für die Veränderlichkeit eine beliebige Polytrope zugrunde gelegt sei:

$$k_s = \lambda_0\, f_s{}^p = \lambda_0\, (b\, s_e)^p \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (6).$$

Bei der Abhebung eines durch t, b und s_z bestimmten Frässpanes ändert sich nur s_e. Deshalb muß auch die Abhängigkeit von k_s hierin zum Ausdruck kommen, indem je nach der Veränderung von b oder s_e eine verschiedene Art der Abhängigkeit auftritt, die durch den Potenzwert p dargestellt wird. Danach würde das Gesetz lauten:

---

[9]) Vergl. a. Salomon, „Die Fräsarbeit", „Werkstattstechnik", Bd. 20 (1926) S. 469.

[10]) Salomon, Diss. München 1924: „Über den Einfluß der Veränderlichkeit des spezifischen Schnittwiderstandes beim Fräsvorgang unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung der Spirale".

[11]) Fischer, a. a. O. S. 19.

[12]) Reindl, Z. f. prakt. Maschinenbau Bd. 2 (1910) S. 55 und Blätter f. d. Betrieb, 1911 S. 1 u. f.

[13]) De Leeuw, Trans. Am. Soc Mech. Engs. Bd. 33 (1911) S. 245.

[14]) Die Beschreibung und Auswertung der einschlägigen in- und ausländischen Fräsversuche wird in einer gesonderten Abhandlung des Verfassers auf Veranlassung des Ausschusses für spangebende Formung beim Verein Deutscher Ingenieure veröffentlicht werden.

$$k_s = \lambda_0 \, b^\mu \, s_e^\varkappa \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7).$$

Bei der Betrachtung des einzelnen Frässpanes und seiner Abhebung soll zunächst eine gleichbleibende Fräsbreite zugrunde gelegt werden. Dadurch ist die Größe von μ vorläufig ohne Einfluß auf die weitere Rechnung, da sie lediglich die Größe der Unveränderlichen

$$\lambda_1 = \lambda_0 \, b^\mu$$

beeinflußt[15]).

Unter der Annahme, daß μ gleich oder annähernd gleich null sei, wodurch $b^\mu = 1$ wird, ergibt sich das

Grundgesetz für den spezifischen Schnittwiderstand beim Fräsen:

$$k_s = \lambda_1 \, s_e^\varkappa \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8),$$

d. h. der spezifische Schnittwiderstand k_s ist vornehmlich abhängig von der wirklichen Spandicke s_e und nicht, bzw. nur in sehr geringem Maße, von der Fräsbreite b.

Dieses Gesetz unterscheidet sich grundsätzlich von den für die Dreharbeit von Klopstock gefundenen Ergebnissen insofern, als nur die eine Komponente s_e des Frässpanquerschnittes, die allerdings die wichtigere ist, als grundlegend für die Art der Veränderlichkeit von k_s auftritt. Klopstock hat für die Dreharbeit den Satz aufgestellt, daß das Verhältnis der Schnittiefe t zum Vorschub s keinerlei Einfluß auf den Charakter der Veränderlichkeit von k_s, d. h. die zahlenmäßige Größe von $\varkappa$ ausübt[16]). Deshalb würden die beiden Tatsachen scheinbar im Widerspruch zueinander stehen, wenn nicht die Ergebnisse von Boston auch hier eine gewisse Klärung gebracht hätten. Für zwei so verschiedene Vorgänge, wie sie das Abdrehen und das Abfräsen eines Spanes bedeuten, wird man jedoch auch ohnehin die Feststellungen des einen Vorganges als für den anderen nicht unbedingt gültig verallgemeinern dürfen. Klopstock machte seine Feststellungen an Drehspänen, bei denen das Verhältnis $\frac{t}{s}$ zwischen $\frac{10}{1}$ und $\frac{1}{10}$ also 100 : 1 veränderlich war. Beim Fräsen würde man entsprechend das Verhältnis der wirksamen Komponenten des Spanquerschnittes, Schnittbreite b zu wirklicher Spandicke s_e betrachten müssen. Dies schwankt beim Fräsen zwischen $\frac{400}{1}$ und $\frac{500\,000}{1}$. Aus diesen Zahlen geht ohne weiteres hervor, wie verschiedenartig die Verhältnisse des Zahlenbereiches beim Fräsen gegenüber dem Drehen liegen. Überdies spielt ein Einfluß von b auf die Art der Abhängigkeit des spezifischen Schnittwiderstandes k_s auch nur insofern eine Rolle, als er bei Versuchen mit verschiedenen Fräsbreiten die Größe der Unveränderlichen λ_1 beeinflußt, dagegen bei der Betrachtung des Vorganges bei gleichbleibender Fräsbreite seine Bedeutung verliert. Ich werde deshalb in den folgenden Ableitungen das von mir zuerst aufgestellte Gesetz:

$$k_s = \lambda_1 \, s_e^\varkappa \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

als richtig unterstellen. Setzt man den Wert von k_s nach Gl. (8) in Gl. (3) ein, so ergibt sich

$$P_u = f_s \, k_s = \lambda_2 \, s_e^{\varkappa+1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9).$$

Die Spanarbeit A_z, die erforderlich ist, um entlang der Spanbogenlänge $r \, d\psi$ den Schnittwiderstand zu überwinden, ergibt sich zu

$$d A_z = \lambda_2 \, s_e^{\varkappa+1} \, r \, d\psi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

mithin ändert sich die Spanarbeit A_z bei zunehmender Spanbogenlänge $r \, d\psi$ wie folgt:

$$\frac{d A_z}{d\psi} = \lambda_3 \, s_e^{\varkappa+1} = b \, r \, \lambda_1 \, s_z^{\varkappa+1} \sin^{\varkappa+1} \psi \quad \ldots \quad (11).$$

Bei der Schnittiefe t oder dem entsprechenden Spanumfangswinkel φ wird die Zerspanungsarbeit

$$A_z = b \, r \, \lambda_1 \, s_z^{\varkappa+1} \int \sin^{\varkappa+1} \psi \, d\psi \quad \ldots\ldots \quad (12).$$

[15]) Unter Berücksichtigung der Fräsversuche von Airey und Oxford 1921, Salomon 1924, Beckh 1926 ist beispielsweise für Stahl 50·11 : μ = 0,008 : 0,037, kann also praktisch gleich null gesetzt werden; Boston (Trans. Am. Soc. Mech. Engs. Bd. 48 (1926) S. 749) findet beim Hobeln von verschiedenen Werkstoffen Werte von 0,02 bis 0,14 für μ.

[16]) „Werkstattstechnik" Bd. 17 (1923) S. 659, Abb. 9, u. S. 651, Abb. 14.

Abb. 11 und 12
Kraft- und Arbeitsverhältnisse beim Fräsvorgang.

k_s spezifischer Schnittwiderstand in kg/mm²
k_{s_φ} entsprechend beim Winkel φ
D Fräserdurchmesser mm
s_z Vorschub je Zahn mm
s_e wirkliche Spandicke mm
φ Spanumfangswinkel
P_u Schnittdruck (tangential) kg
P_{u_φ} entsprechend beim Winkel φ
b Schnittbreite mm
t Schnittiefe mm
t_φ entsprechend beim Winkel φ
A_z Zerspanungsarbeit eines Zahnes mkg
A_{z_φ} entsprechend beim Winkel φ
D_φ Spanbogenlänge beim Winkel φ

Die Integration ergibt

$$A_z = b \, r \, \lambda_1 \, s_z^{\varkappa+1} \left[-\frac{1}{\varkappa+1} \sin^\varkappa \varphi \cos\varphi + \frac{\varkappa}{\varkappa+1} \int \sin^{\varkappa-1} \varphi \, d\varphi \right] \quad (12a).$$

Durch wiederholte Integration des jeweils als Restglied verbleibenden Integrals erhält man schließlich

$$\left. \begin{aligned} A_z = b \, r \, \lambda_1 \, s_z^{\varkappa+1} \Big[& -\frac{1}{\varkappa+1} \sin^\varkappa \varphi \cos\varphi \\ & - \frac{\varkappa}{(\varkappa+1)(\varkappa-1)} \sin^{\varkappa-2} \varphi \cos\varphi \\ & - \frac{\varkappa(\varkappa-2)}{(\varkappa+1)(\varkappa-1)(\varkappa-3)} \sin^{\varkappa-4} \varphi \cos\varphi \\ & - \frac{(\varkappa-2)(\varkappa-4)}{(\varkappa+1)(\varkappa-1)(\varkappa-3)(\varkappa-5)} \sin^{\varkappa-6} \varphi \cos\varphi - \ldots \Big] \end{aligned} \right\} \quad (12b).$$

Durch Einsetzen von

$$\sin\varphi = 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}$$

erhält man die Abhängigkeit zwischen dem Kraftverbrauch und den fünf Veränderlichen des Fräsvorgangs.

Eine derartige Gleichung als Endergebnis der mathematischen Betrachtung hat naturgemäß abschreckend auf die theoretische Behandlung des Fräsens gewirkt, da es nicht gelang, eine übersichtlichere Form zu finden. Infolgedessen hat man dem „Problem des Fräsintegrals" auf andre Weise beizukommen versucht, indem man nach Funktionen fahndete, die entweder einen annähernd ähnlichen Verlauf aufwiesen oder für einen bestimmten Bereich annähernd gleiche absolute Werte ergaben.

Da das Integral einer Kurve auch durch den unter ihr liegenden Flächeninhalt dargestellt wird, so hat man stellenweise eine empirische Lösung für einen bestimmten Einzelfall dadurch gefunden, daß man die unter der P_u-Kurve liegende Fläche ausplanimetrierte und für die erhaltenen Werte eine empirische Kurve erhielt, für die dann eine schätzungsweise richtige Gleichung aufgestellt wurde. Eine derartige Kurve für A_z ist jedoch nichts andres als die Integralkurve zur P_u-Kurve. Ihre Konstruktion wird bei der Erörterung des Ungleichförmigkeitsgrades in einer folgenden Abhandlung beschrieben werden.

In Abb. 11 und 12 sind die kennzeichnenden Vorgänge der Fräsarbeit noch einmal dargestellt. Die wirkliche Spandicke s_e verläuft von null nach einer reinen Sinuskurve.

erreicht beim Spanumfang $s_u = \frac{\pi D}{4}$ ihren Größtwert, d. h. $s_{e_{max}} = s_z$, und nimmt dann wieder bis auf null ab. Die Schnittbreite b bleibt während eines Spanes gleich. Der spezifische Schnittwiderstand k_s sinkt von unendlich mit zunehmender Spandicke s_e schnell bis auf einen Mindestwert bei $s_u = \frac{\pi D}{4}$. Diese Lage ist durch die Schnittiefe $t = \frac{D}{2}$ gekennzeichnet. Dann steigt k_s wieder, um sich asymptotisch einer Parallelen zur Ordinate durch die Abszisse $s_u = \frac{\pi D}{2}$ zu nähern. Durch Einsetzen der einzelnen Werte der s_e-Kurve in die zugeordneten Werte von k_s erhält man nun die Kurve des Schnittdruckes P_u, sie verläuft sinusähnlich; die Ordinaten verkleinern sich im Verhältnis des abnehmenden k_s. Die Aufzeichnung der Kurve für den Arbeitsverbrauch A_z nimmt empirisch die genaue Lösung des Integrals vorweg. Sie stellt eine um $\pi/4$ verschobene, durch den Anfangswert von $P_u = 0$ gehende, cosinusähnliche Linie dar und verkörpert den Verlauf für den jeweiligen Wert der Spanarbeit A_z, die zu leisten ist, um einen Span von der Enddicke s_e abzuheben, unter Berücksichtigung des dabei auftretenden spezifischen Schnittdruckes k_s und der sich daraus ergebenden Umfangskraft P_u. Die A_z-Kurve kann man ebenso durch graphische Integration aus der P_u-Kurve, wie umgekehrt die P_u-Kurve durch graphische Differentiation der A_z-Kurve erhalten[17]). Man erkennt, daß mit zunehmender Schnittiefe die A_z-Kurve zuerst langsam, dann rascher und zuletzt wieder langsamer steigt bis zu einem größten Endwert, der zahlenmäßig den Wert für die Zerspanungsarbeit angibt, die von dem veränderlichen Schnittdruck P_u bis zum gleichen Abszissenwert geleistet worden ist.

Aus den im Laufe der Jahre gemachten Versuchen, das Fräsintegral zu lösen, seien zwei besonders bemerkenswerte Näherungslösungen herausgegriffen. Die erste stammt von dem Mathematiker Barth, dessen mit Taylor zusammen entworfener Rechenschieber zur Bestimmung der einzelnen Größen für die Dreharbeit bekannt ist. Barth[18]) schlägt, da nach seiner Angabe das Fräsintegral nicht lösbar ist, eine Näherungsgleichung vor, indem er den Ausdruck für das Fräsintegral:

$$\int \sin^{\varkappa+1} \varphi \, d\varphi$$

durch

$$\sqrt{\frac{\varphi^3}{\pi}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (12c)$$

ersetzt. Die Abweichung dieser Näherungsgleichung vom richtigen Wert, den Barth durch Ausplanimetrieren feststellte, ergibt bei 10° Spanumfangswinkel eine Fehlerabweichung von + 37 vH, bei 30° von + 11 vH.

Man sieht, daß gerade bei den üblichen Schnittiefen $t = (0{,}08 \text{ bis } 0{,}2)\, D$, entsprechend Spanumfangswinkeln von 30° bis 53° die Abweichungen zu groß sind, als daß eine darauf aufgebaute Rechnung zweckmäßig oder zulässig erscheinen könnte. Es soll deshalb von den weiteren Ableitungen Barths an dieser Stelle abgesehen werden, um so mehr als das Endergebnis weder eine klare noch eine richtige Lösung bringt.

Sven Hedin[19]) führt in einer mathematisch sehr interessanten und wertvollen, praktisch jedoch schwierig verwertbaren Untersuchung gleichfalls als Ersatz für die genaue Lösung des Fräsintegrals eine Reihenentwicklung aus und ersetzt diese Lösung durch eine Gleichung von Cosinus-Funktionen des Winkels φ mit steigenden Potenzen.

Aber auch diese Gleichung gilt nur für einen besonderen Wert von $\varkappa$, den Hedin nach Taylor[20]) mit $\varkappa + 1 = + 0{,}75$ für Gußeisen annimmt. Der Wert für das Fräsintegral wird danach von Hedin durch den Ausdruck

$$(0{,}64 - 0{,}56 \cos\varphi - 0{,}07 \cos^3\varphi) \quad \ldots \quad (12d)$$

ersetzt.

[17]) Vergl. C. Runge, Graphische Methoden, 2. Aufl. Leipzig-Berlin 1919, S. 87 und 102. — R. Mehmke, Leitfaden z. graph. Rechnen, Leipzig u. Berlin 1924, S. 102 und 111.

[18]) C. G. Barth, Trans. Am. Soc. Mech. Engs. Bd. 43 (1921) S. 605 und Industrial Management Bd. 58 (1919) S. 169 u. f.

[19]) Sven Hedin, Tekn. Tidskr. Bd. 52 (1922) S. 337.

[20]) Taylor-Wallichs, „Dreharbeit und Werkzeugstähle" 3. Aufl. Berlin 1917 S. 107.

Die Übereinstimmung der Hedinschen Näherungsgleichung wird von ihm durch eine Abbildung dargelegt. Man sieht, daß die Hedinsche Lösung einen beachtenswerten Fortschritt gegenüber der Barthschen Lösung bedeutet. Trotzdem gelangt Hedin im weiteren Verlauf seiner Untersuchung zu recht verwickelten Formeln für den Schnittdruck, die der Praxis keine Hilfe bieten können.

Ich werde nun im folgenden zeigen, wie sich die mathematische Entwicklung gestaltet, wenn das Fräsintegral richtig gelöst wird, und wie gerade durch die genaue Lösung das angestrebte Endergebnis sich erzielen läßt, d. h. die Spanarbeit je Umdrehung als einfache Potenzfunktion der fünf veränderlichen Bestimmungsgrößen b, t, s_n, D und z der Fräsarbeit darzustellen.

In Gl. (12) war das Endergebnis zusammengefaßt, das sich aus der Berücksichtigung sowohl der Veränderlichkeit der beim Fräsvorgang auftretenden geometrischen Verhältnisse als auch der Veränderlichkeit des spezifischen Schnittwiderstandes k_s ergibt. Gl. (12) lautet:

$$A_z = \lambda_1 \, b \, s_z^{\varkappa+1} \, r \int_0^{\varphi} \sin^{\varkappa+1} \varphi \, d\varphi .$$

Durch Einsetzen von:

$$\sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) = x \quad \ldots \ldots \ldots \quad (13a)$$

und

$$\sin\varphi = 2\sqrt{(x - x^2)} \quad \ldots \ldots \quad (13b)$$

erhält man

$$d\varphi = \frac{d x}{\sqrt{x - x^2}}$$

und führt nun die Integration durch, indem man φ wieder als Veränderliche einsetzt, so daß sich nunmehr ergibt:

$$\left.\begin{aligned} A_z = \lambda_1 \, b \, s_z^{\varkappa+1} \, r \, 2^{\varkappa+1} \Bigg[& \frac{2}{\varkappa+2} \sin^{\varkappa+2}\left(\frac{\varphi}{2}\right) \\ & - \frac{2}{\varkappa+4} \, \frac{\varkappa}{2} \sin^{\varkappa+4}\left(\frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2}{\varkappa+6} \, \frac{\varkappa}{2} \, \frac{\varkappa-2}{2 \cdot 2} \sin^{\varkappa+6}\left(\frac{\varphi}{2}\right) \\ & - \frac{2}{\varkappa+8} \, \frac{\varkappa}{2} \, \frac{\varkappa-2}{2 \cdot 2} \, \frac{\varkappa-4}{2 \cdot 3} \sin^{\varkappa+8}\left(\frac{\varphi}{2}\right) + \cdots \Bigg] \end{aligned}\right\} \quad (13).$$

Das Integral von Gl. (12) ist, wie aus Gl. (13) ersichtlich ist, auch durch Entwicklung einer Reihe gelöst. Diese Reihe weist jedoch sehr günstige Konvergenzbedingungen auf derart, daß sich bei Berücksichtigung nur des ersten Gliedes gegenüber der Berücksichtigung des ersten bis vierten Gliedes eine Fehlerabweichung von nur 0,37 vH ergibt[21]). Deshalb soll im folgenden nur das erste Glied des Klammerwertes berücksichtigt werden, was einer Genauigkeit von 99,63 vH entspricht.

Es ergibt sich dann:

$$A_z = \lambda_1 \, b \, s_z^{\varkappa+1} \, r \, 2^{\varkappa+1} \, \frac{2}{\varkappa+2} \sin^{\varkappa+2}\left(\frac{\varphi}{2}\right) \quad \ldots \quad (14).$$

In dieser Gleichung fehlt noch die Beziehung von Schnitttiefe t, Fräserdurchmesser D und Zähnezahl z zur Spanarbeit A_n je Umdrehung des Fräsers. Da

$$\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \sqrt{\frac{t}{D}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (15)$$

ist, erhält man:

$$\begin{aligned} A_z &= \lambda_1 \, b \, s_z^{\varkappa+1} \, \frac{D}{2} \, 2^{\varkappa+1} \, \frac{2}{\varkappa+2} \sqrt{\frac{t}{D}}^{\,\varkappa+2} \\ &= \lambda_1 \, b \, s_z^{\varkappa+1} \, \frac{2^{\varkappa+1}}{\varkappa+2} \, t^{\frac{\varkappa+2}{2}} \, D^{1-\frac{(\varkappa+2)}{2}} \quad \ldots \quad (16). \end{aligned}$$

Um nun auch den Einfluß der Zähnezahl z zum Ausdruck zu bringen, geht man zum Begriff der von der Frässpindel bei einer Umdrehung geleisteten Spanarbeit A_n über:

$$A_n = z \, A_z ;$$

[21]) Ein Zahlenbeispiel möge dies zeigen:

Einzelwert Glied		Summenwert Glied		Genauigkeit vH	Gesamtfehler vH
I	0,098 4	I	0,098 4	99,625	0,375
II	0,000 362 2	I—II	0,098 762 2	99,992	0,007 9
III	0,000 007 53	I—III	0,098 769 73	99,999	0,000 2
IV	0,000 000 224	I—IV	0,098 769 954	100	0,000

ferner ist der Vorschub je Umdrehung

$$s_n = z\, s_z\,.$$

Damit geht Gl. (16) über in:

$$A_n = \frac{2^{\varkappa+1}}{\varkappa+2}\lambda_1\, b\, t^{\frac{\varkappa+2}{2}}\, \frac{(s_n)^{\varkappa+1}}{z}\, z^{-\varkappa} D^{-\frac{\varkappa}{2}}$$

$$= \frac{2^{\varkappa+1}}{\varkappa+2}\lambda_1\, b\, t^{\frac{\varkappa+2}{2}}\, s_n^{\varkappa+1}\, z^{-\varkappa} D^{-\frac{\varkappa}{2}} \quad . . . (17).$$

Gl. (17) bildet die endgültige Lösung des Fräsintegrals und entspricht damit der oben aufgestellten Forderung, die Spanarbeit je Umdrehung A_n abhängig von den fünf veränderlichen Bestimmungsgrößen darzustellen.

Mit Gl. (17) lassen sich jetzt eine ganze Reihe von Fragen lösen, die die Beziehung der einzelnen Bestimmungsgrößen untereinander zum Gegenstand haben.

Trotz vier verschiedener Formen, in denen der Potenzwert $\varkappa$ der Grundgleichung des spezifischen Schnittwiderstandes

$$k_s = \lambda_1\, s_e^{\varkappa} \quad . . . . (8)$$

auftritt, ist Gl. (17) in Wirklichkeit recht einfach, da man praktisch genommen nur den an der Maschine einstellbaren Vorschub s_n und die Bearbeitungszugabe, d. h. die Schnittiefe t, als Veränderliche vorliegen hat. Die Frästbreite b und das Werkzeug mit dem Durchmesser D und der Zähnezahl z lassen sich für den Einzelfall zu einer Unveränderlichen zusammenziehen. Für den häufigsten Betrachtungsfall, d. h.:

1. für einen bestimmten Werkstoff, der durch λ_1 und $\varkappa$ gekennzeichnet ist,
2. eine bestimmte Fräsbreite b und
3. ein bestimmtes Werkzeug, durch D und z bestimmt,

lautet Gl. (17), für beliebige Vorschübe s_n und beliebige Schnittiefen t:

$$A_n = \lambda_3\, s_n^{\varkappa+1}\, t^{\frac{\varkappa+2}{2}} \quad . . . . (18).$$

Hierin ist die Unveränderliche

$$\lambda_3 = \lambda_1 \frac{2^{\varkappa+1}}{\varkappa+2}\, b\, D^{-\frac{\varkappa}{2}}\, z^{-\varkappa} \quad . . . . . . (18a).$$

Damit ist die seit langem von der Praxis gesuchte Beziehung zwischen Schnittiefe t und Vorschub s_n in ihrer Auswirkung auf den Kraftverbrauch A_n in einfachster Form gegeben, wobei gleichzeitig sämtliche Einflüsse der übrigen Veränderlichen b, D und z in einer Unveränderlichen vereinigt sind.

Gl. (18) gestattet nunmehr, aus gegebenen Schnittversuchen bei gleicher Schnittiefe t und verschiedenen Vorschüben s_n, ohne weiteres die Werte für den Kraftverbrauch A_n für eine beliebige Änderung der andern Veränderlichen zu ermitteln.

Dies war bisher nicht möglich und bildete den Grund für die mehr oder weniger große Unwirtschaftlichkeit der Versuche, die Vorgänge und Zusammenhänge der Fräsarbeit zu ergründen.

Die genaue Lösung des Fräsintegrals hat somit den Erwartungen entsprochen, die man auf sie setzte; denn Gl. (17) ermöglicht jetzt auch nachträglich alle Fräsversuche einheitlich auszuwerten und auf eine gemeinsame Grundlage zu bringen.

Das von Reindl zuerst aus der Praxis heraus aufgestellte Gesetz: „Bei gleichem Spanquerschnitt $b(s_n\, t)$ sinkt der spezifische Kraftverbrauch bei wachsendem Verhältnis $s_n : t$" oder mit andern Worten „kleine Schnittiefen t und große Vorschübe s_n erfordern weniger Kraft als größere Schnittiefen t und entsprechend kleinere Vorschübe s_n" kann nun mit Gl. (18) ohne weiteres theoretisch bewiesen werden; denn bei zunehmendem Vorschub s_n steigt der Kraftverbrauch A_n nur mit der Potenz $1+\varkappa$ ($=\varkappa+1$), bei wachsender Schnittiefe t dagegen mit der Potenz $1+\frac{\varkappa}{2}$ $\left(=\frac{\varkappa+2}{2}\right)$. Da $\varkappa$ stets negativ ist, so ist $\left(1+\frac{\varkappa}{2}\right)$ größer.

Für die günstigste Ausnutzung der Maschine ergibt sich ebenfalls nach Gl. (18), daß bei gleichem Spanquerschnitt $b\, s_n\, t$ die Arbeitsweise: größter Vorschub s_n bei kleinster Schnittbreite b und kleinster Schnittiefe t bei einer bestimmten gegebenen Antriebleistung die größte erzielbare Spanmenge bedingt.

Die Steigerung der Schnittiefe ist ungünstiger als die Steigerung des Vorschubes — unter der Voraussetzung des gleichen Spanquerschnittes —, und die Steigerung der Fräsbreite wiederum ungünstiger als die Steigerung der Schnittiefe.

Die Verminderung der Zähnezahl ergibt, wie sich aus Gl. (18) leicht ableiten läßt, eine unter Umständen recht beträchtliche Kraftersparnis, und zwar wird die Überlegenheit des grobzahnigen Fräsers um so größer sein, je größer $\varkappa$ für den betreffenden Werkstoff ist. Die Kraftersparnis beträgt bei einer Verminderung von 20 auf 4 Zähne bereits rd. 35 vH bei Stahl von 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit[22]).

Die Ergebnisse besagen, daß der Kraftverbrauch bei gleicher Arbeitsweise der Maschine mit abnehmendem Fräserdurchmesser und abnehmender Zähnezahl sinkt[23]). Dies bedeutet, daß der kleinere und gröber gezahnte Fräser trotz größerer Spanquerschnitte und damit einer günstigeren spezifischen Zerspanungsleistung die Maschine und ihr Getriebe statisch geringer belastet, da das Drehmoment bei sinkendem Kraftverbrauch auch abnimmt.

Dies ist eine der wichtigsten durch die Theorie erbrachten Feststellungen; denn sie beweist, daß im Gegensatz zum Drehen, wo dicke Späne nur auf starken Maschinen, — beim Fräsen dicke Späne auch auf schwachen Maschinen abgehoben werden können.

Infolge der Eigenart des Fräsvorganges läßt sich die Belastung von Werkzeug und Maschine derart trennen, daß trotz starker Belastung des einzelnen Zahnes des Werkzeuges die Belastung der Maschine durch das resultierende Drehmoment an der Frässpindel niedrig bleibt. Diese Feststellung soll besonders betont werden, da sie die vielfach verbreitete Anschauung widerlegt, daß die günstigen spezifischen Zerspanungsleistungen durch starke Späne auch beim Fräsen nur auf großen schweren Maschinen erreichbar sind.

Dies ist einer der wichtigsten und grundlegendsten Unterschiede der Arbeitsvorgänge beim einschneidigen und mehrschneidigen Werkzeug und zeigt klar, wo die größten Entwicklungsmöglichkeiten der Zerspanungsfrage zu suchen sind. [B 1295]

[22]) Vergl. Loewe-Notizen Bd. 13 (1928) S. 67.

[23]) Inwieweit eine Verringerung der Zähnezahl sich verwirklichen läßt, ohne die Gleichförmigkeit des Fräsvorganges zu gefährden, wird bei der Untersuchung der Wirkung der Spirale erörtert werden.

Preisausschreiben über die Fließarbeit in Gießereien

Um festzustellen, unter welchen Voraussetzungen hinsichtlich Menge und Gleichartigkeit der Erzeugnisse in Eisengießereien die Fließarbeit oder die Bandarbeit für die vollständige Herstellung der Gußstücke oder nur für einen Teil des Fabrikationsganges wirtschaftlich ist, hat der Verein deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, Düsseldorf, drei Preise im Gesamtbetrage von 3500 ℛℳ für bemerkenswerte Arbeiten ausgesetzt. Bei den Untersuchungen ist auf die Absatzfähigkeit der Erzeugnisse Rücksicht zu nehmen. Die Arbeiten müssen bis zum 1. Juni 1929 eingereicht werden. Nähere Einzelheiten sind von der Geschäftstelle des Gießereiverbandes zu erfahren.

[N 2205] Gw.

Die Grundlagen der theoretischen Festigkeitslehre[1)]

Von Dr.-Ing. Max Enßlin, Eßlingen a. N.

Grenze der Beanspruchung des Werkstoffes in technischer und physikalischer Hinsicht. Bruchgrenze bei Schwingungsbelastung, einmaligem Stoß, ruhender Last. Proportionalitäts-, Elastizitäts-, obere und untere Streckgrenze. Fehlerhafter und idealer Zustand fester Werkstoffe, erörtert an Zug- und Druckelastizitätsversuchen. Das über den Einkristall Bekannte. Schwingungsfestigkeit und untere Streckgrenze als physikalisch und technisch maßgebende Grenzen der Beanspruchung. Versuche über Festigkeitshypothesen. Bestimmungen der Streckgrenze bestätigen durchschnittlich am besten die Hypothese von der Gleitarbeit. Vergleich mit den Versuchen Guests von 1900. Festigkeitsrechnung bei zusammengesetzter Beanspruchung.

Die Festigkeitslehre ist ein Teil der Mechanik der verformbaren Körper. Sie beruht mithin auf den Grundlagen der allgemeinen Mechanik, nämlich auf Logik, Analysis, Geometrie, den Grundsätzen des Kräfteparallelogramms und des Hebels, und überdies auf den Eigenschaften der festen verformbaren Körper, nämlich der Elastizität und Festigkeit. Hier wird nur von den Grundlagen die Rede sein, die mit der Elastizität und Festigkeit zusammenhängen.

Die Festigkeitslehre ist ferner angewandte Mechanik, sie findet Anwendung im Bau- und Maschinenwesen, sofern man die Gebirgsbildung und den Wachstumsaufbau der Tragorgane der Pflanzen und Tiere nicht hinzunimmt. Die praktische Anwendung bildet für die Lösung der Festigkeitsaufgabe Ausgangspunkt und Ziel.

Die Hauptfragen lauten: Was bildet bei einem Bau- oder Maschinenteil die Beanspruchungsgrenze, unter welchen Bedingungen wird diese erreicht, wie ermittelt man sie durch den Versuch und wie berechnet man die Höhe der Beanspruchung?

Was als Beanspruchungsgrenze zu gelten hat, ergibt sich aus den Anforderungen und Erfahrungen des technischen Betriebes. Ist man darüber im klaren, so schließt sich die Frage an, wie man die Beanspruchungsgrenze bei irgendwelcher Beanspruchung durch den Versuch ermittelt und wie man schließlich die Höhe der Beanspruchung für eine gegebene Belastung und Körperform berechnet, sei es, daß man sich überzeugt, welche Sicherheit gegen den Eintritt der Grenzbeanspruchung vorhanden ist, oder daß man für eine als notwendig erachtete Sicherheit die erforderliche Abmessung eines Bau- oder Maschinenteils ausrechnet.

Beanspruchungsgrenze des Werkstoffes in technischer und physikalischer Hinsicht

Die Beanspruchungsgrenze eines technischen Gebrauchsstückes kann von sehr verschiedener Art sein. Die technischen Anforderungen an den Werkstoff habe ich in dieser Zeitschrift durch zahlreiche Beispiele erläutert[1)]. Wir haben diejenigen Fälle auszusondern, die in die Festigkeitslehre gehören, bei denen also Festigkeitsrücksichten maßgebend sind.

In der Festigkeitslehre gilt als Beanspruchungsgrenze die Bruchgrenze, der Beginn der bleibenden Verformung und des Einflusses der Zeit, die Elastizitätsgrenze, oder wenn die bleibende Verformung erstmals unter merklich unveränderter Belastung erfolgt, die Streck- oder Fließgrenze. Es bleiben also im nachfolgenden alle Fälle außer Betracht, bei denen nicht nach Bruch- oder Fließgefahr gefragt ist.

Ein weiterer Gesichtspunkt über die Art der Bruchgefahr ergibt sich, wenn man die im Betrieb vorkommenden Brüche betrachtet. Am häufigsten trifft man seit der Einführung des Schnellbetriebes die Ermüdungs- oder Dauerbrüche bei Teilen, die schwingender oder pulsierender Belastung unterliegen. Dabei darf wohl angenommen werden, daß im Falle rein elastischen Verhaltens, d. h. bei Beanspruchung unter der Elastizitätsgrenze, keine Brüche auftreten, daß vielmehr erst überelastische Spannungswechsel zum Bruch führen. Die nähere Betrachtung der überelastischen, plastischen, bleibenden Verformung deutet darauf hin, daß sie in inneren Gleitungen, vorzugsweise innerhalb der Kristallite oder Körner, und in Umorientierung (Parallelrichtung) der Kristallachsen besteht. Man gelangt so zu der einleuchtenden Vorstellung, daß das bleibende Hin- und Hergleiten den Werkstoff innerlich zermürbt und ermüdet und den Ermüdungsanbruch bewirkt. Ob freilich jedes noch so kleine plastische Hin- und Hergleiten, wenn es nur oft genug stattfindet, m. a. W. die kleinste Überschreitung der Elastizitätsgrenze bei Wechselbelastung zum Dauerbruch führt, ist noch nicht geklärt.

O. Föppl[1a)] und E. Lehr[1b)] berichten über Stäbe, die bei Dauerversuchen trotz starker Erwärmung hohe Lastwechselzahlen ohne Bruch vertragen haben. O. Föppl hält die Erwärmung (Dämpfung) nicht für einen Vorläufer des beginnenden Ermüdungsbruches, er hält die Dämpfung vielmehr bei gewissen Stählen für nützlich zur Verhütung großer Resonanzschwingungen. Das würde bedeuten, daß bleibende Verformungen bei Belastungswechseln erst von einer gewissen Größe an gefährlich werden; es ist vermutet worden, daß unter der Wirkung der erhöhten Temperatur der bleibend verformte Werkstoff eine innere Heilung erfährt, die die entstandene innere Schädigung sofort wieder gut macht. Es bleibt zu prüfen, ob eine der vereinbarten Elastizitätsgrenzen, die als erreicht gelten, wenn die bleibende Dehnung 0,001 oder 0,03 vH der Meßlänge beträgt, eine Bedeutung als Dauerbruchgrenze erlangt.

Eine zweite Gattung von Brüchen (Gewaltbrüche) entsteht durch einmalige gewaltsame Einwirkung wie Zusammenstoß, Explosion, Schuß, plötzliche Bremsung, Dazwischengeraten von Fremdkörpern in Getriebe, ungeschickte Bedienung von Werkzeugmaschinen u. dergl. Schädlich sind hierbei besonders Kerben und Sprödigkeit des Werkstoffes. Letztere lassen sich vermeiden, die erwähnten gewaltsamen Einwirkungen aber nicht; sie kommen immer wieder vor; gegen ihre Folgen kann man sich weder durch die Wahl des Werkstoffs noch durch starke Bemessung der gefährdeten Teile völlig schützen. Die Gewaltbrüche sind unvermeidliche Ausnahmen und zur Aufstellung allgemeiner Regeln und Anforderungen an den Werkstoff nicht geeignet. Brüche unter ruhender Last sind im technischen Betrieb selten. Die beschriebenen Brucharten pflegt man bei der Werkstoffprüfung durch Dauerversuche, Kerbschlagbiegeversuche und statische Zug-, Druck-, Biege- und Verdreh-Versuche festzustellen und dabei die Dauerfestigkeit, Kerbzähigkeit und statische Festigkeit, im Bedarfsfall bei verschiedener Temperatur, zu ermitteln. Nach dem, was über die im Betrieb vorkommenden Brüche und ihre grundsätzliche Bedeutung gesagt wurde, steht hinsichtlich der Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf die technische Anwendung der Dauerversuch voran, die Kerbzähigkeit[2)] und statische Festigkeit treten dagegen zurück. Freilich muß man bei der Übertragung der Ergebnisse der Werkstoffprüfung auf die praktische Anwendung vorsichtig sein, da kleine Versuchstücke und große Gebrauchstücke aus mehreren Gründen sich verschieden verhalten können. Der Wert der bei der Werkstoffprüfung ermittelten Festigkeits- und Zähigkeitsziffern als vergleichender Gütezahlen verschiedener Werkstoffe gegen dieselbe Belastungsart wird durch das soeben Bemerkte nicht angetastet.

[1)] Nach einem Vortrag in der Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen in der Technik in Berlin 1927; vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1486.

[1a)] Z. Bd. 68 (1924) S. 203.

[1b)] Diss. Stuttgart 1925 S. 83.

[2)] Die Kerbzähigkeit — dasselbe gilt von den übrigen Zähigkeitswerten des Werkstoffes, wie Bruchdehnung, Einschnürung, Biegegröße, Bruchgleitung, Brucharbeit — kennzeichnet das plastische Verhalten des Werkstoffes. Da die Maschinenteile sich im Betrieb elastisch verhalten sollen, haben die Zähigkeitswerte für den Konstrukteur keine unmittelbare Bedeutung, eine mittelbare jedoch insofern, als ein zäher Werkstoff bei Überanstrengung nicht gleich bricht, sondern sich vor dem Bruch erst bleibend verformt. Anderseits ermöglicht die Feststellung der Zähigkeit wertvolle Aufschlüsse über die Vorbehandlung des Werkstoffes und den Einfluß der Temperatur.

Bei einem Bau- oder Maschinenteil wird also die Beanspruchungsgrenze, sofern Festigkeitsrücksichten den Ausschlag geben, bei pulsierender oder schwingender Belastung durch die Dauerbruchgrenze, bei ruhender durch die Elastizitätsgrenze gebildet.

Nun sind die Ermittlungen der Dauerfestigkeit z. Zt. stark in der Entwicklung begriffen, es liegen schon zahlreiche Ergebnisse über die Biegeschwingungsfestigkeit von Stählen vor, auch über die Zug-Druck-Schwingungsfestigkeit, weniger häufig sind Nichteisenmetalle geprüft, und über die Verdrehschwingungsfestigkeit liegen nur einzelne Angaben vor, besonders fehlt es noch an Ermittlungen der Schwingungsfestigkeit gegenüber Normal- und Tangentialbeanspruchung am gleichen Werkstoff, aus denen das wichtige Verhältnis der Normal- und Tangentialschwingungsfestigkeit hervorgeht[2a]). So muß die Verfolgung dieser überaus wichtigen Frage noch zurückgestellt und bei den folgenden Betrachtungen die Grenze der bleibenden Verformung unter ruhender Last als Beanspruchungsgrenze benutzt werden.

Proportionalitäts-, Elastizitäts-, obere und untere Streck-, Bruch-Grenze

Die Begriffe der Elastizitäts- und Streckgrenze und ihre technische Bedeutung sind in den letzten Jahren viel erörtert worden. Ehe man durch Versuch prüft, unter welchen Umständen die Beanspruchungsgrenze erreicht wird, muß man über den Begriff der Beanspruchsgrenze selbst im Klaren sein. Die Erörterung der Begriffe Elastizitäts- und Fließ- oder Streckgrenze — die Proportionalitätsgrenze sei hinzugenommen — läßt sich nicht umgehen.

Die bekannten Rechnungen der Festigkeits- und Elastizitätslehre beruhen auf der Voraussetzung der Proportionalität zwischen Spannung und spezifischer Verformung im Falle einfachen Zuges, Druckes oder Schubes, oder einer linearen Beziehung zwischen Spannung und Verformung bei verwickelterer Beanspruchung, z. B. bei Auftreten von Querspannungen. Die genannten Rechnungen verlieren die Gültigkeit an der Proportionalitätsgrenze und werden dann viel schwieriger und z. T. selbst undurchführbar. Da die statische Bruchgrenze meist weit über der Proportionalitätsgrenze liegt, ist die Frage, unter welchen Umständen der Bruch unter ruhender Last eintritt, viel schwieriger zu beantworten, als die Frage nach dem Beginn der bleibenden Verformung oder des Fließens; zudem ist sie praktisch weit weniger wichtig; sie ist daher zurückzustellen.

Obgleich nun der Proportionalität eine erhebliche Bedeutung für die Einfachheit der Festigkeits- und Elastizitätsrechnung zukommt, so ist sie rein technisch genommen, ohne Belang, entscheidend ist, ob sich der Werkstoff im Betrieb rein elastisch verhält, gleichgültig ist es jedoch für die praktische Gebrauchsfähigkeit, ob die Spannungen den Dehnungen proportional sind, oder ob ein anderes Elastizitätsgesetz gilt. Der Begriff der Proportionalitätsgrenze läßt es offen, ob bei Fehlen oder Überschreiten dieser Grenze bleibende Verformung auftritt.

Bei Beanspruchungen bis zur Ermüdungsgrenze kann für die Zwecke der praktischen Festigkeitsrechnung das Proportionalitätsgesetz genügend genau als erfüllt angesehen werden. Eine Erschwerung der Festigkeitsrechnungen durch Fehlen oder Aufhören der Proportionalität tritt hierbei nicht ein

Der erstmalige Eintritt bleibender Verformung, die Elastizitätsgrenze, muß mit Feinmeßgerät beobachtet werden und ist von dem Gerät und seiner Handhabung abhängig. Man ist nie sicher, ob durch Verfeinerung der Beobachtung die Elastizitätsgrenze nicht tiefer gefunden wird, ja sogar, ob es überhaupt eine gibt. Örtliche Fehler bewirken örtliche Spannungssteigerung und führen zu örtlicher bleibender Verformung, die die federnde und bleibende Verformung eines ganzen Stückes unter Be- und Entlasten beeinflussen. Das wird am besten durch ... Schaubild des Belastungs-Verformungsverlaufes d... gestellt. Im Spannungs-Dehnungsbild können einze... Punkte durch willkürliche Vereinbarung gekennzeichn... werden, die als 0,001-, 0,03-, 0,2-Dehngrenze bekannt si... Naturgrenzen von allgemeiner physikalischer oder te... nischer Bedeutung sind das nicht, was ein im folgend... angeführtes Beispiel deutlich erkennen läßt. Das Stic... wort Elastizitätsgrenze ist in den Werkstoffhandbüche... 1927 nicht aufgeführt.

Meinen Ausführungen in dieser Zeitschrift[3]) möch... ich über die untere und obere Streckgrenze noch folgend... hinzufügen. An der oberen Streckgrenze wird der Z... stand des Werkstoffes labil, der Konstrukteur, der d... zulässige Anstrengung des Werkstoffes wählt, kan... nicht von einem labilen Zustand des Werkstoffes au... gehen, der an gleichen Versuchsstücken aus dem gleiche... Werkstoff verschieden hoch gefunden wird und star... von kleinen Zufälligkeiten abhängt, aber auch nic... von der Fließspannung, die von der Geschwindigke... der bleibenden Verformung (Fließgeschwindigkeit) a... hängt. Denn bleibende Verformung der Maschinenteil... ist im Betrieb fast ausnahmslos nicht zulässig; mit de... Geschwindigkeit der bleibenden Formänderung hat de... Konstrukteur nichts zu tun. Die Streckgrenze, die vo... der Formänderungsgeschwindigkeit abhängt und nac... DIN 1602 am Stehenbleiben des Kraftmessers erkann... wird, kann also ebenfalls für den Konstrukteur nich... maßgebend sein. Dieser kann nur von einem stabile...

Abb. 1
Kraftzeitbild des Zerreißversuchs.
Werkstoff: Einsatzstahl EOW 38,5 kg/mm², $d =$ 10 mm Dmr., $L = 118$ mm, $l = 100$ mm Meßlänge.

Zustand ausgehen, das ist die untere Streckgrenze... K ö r b e r[4]) bezeichnet die untere Streckgrenze ebenfall... als zuverlässigere Berechnungsgrundlage für Konstruk... tionen, als die durch die DIN 1602 vorgesehene ober... Streckgrenze und Fließspannung. Auch M o s e r[5]) hält di... untere Streckgrenze für eine den Werkstoff kennzeichnend... Naturgrenze[5a]). Die untere Streckgrenze erhält man da... durch, daß man den Antrieb der Zerreiß-, Druck- ode... Verdrehungsmaschine abstellt, wenn der Kraftmesser erst... mals zurückgeht oder stehen bleibt, und dann wartet, bis de... stabile Zustand erreicht ist. Für die Zwecke wissen... schaftlicher Feststellungen muß längere Zeit gewarte... werden, für praktische Zwecke genügen 5 bis 10 mi... Das selbsttätig an der Zerreißmaschine aufgenommen... Kraftzeitbild, Abb. 1, zeigt das zeitliche Absinken de... Zugkraft von der oberen auf die untere Streckgrenze.

Fehlerhafter und idealer Zustand des metallischen Werkstoffes

Das elastische und plastische Verhalten hängt vo... inneren Aufbau des Werkstoffes und von seiner Vol... kommenheit oder Mangelhaftigkeit ab. Das Verhalte... offenkundig grobgefügten und ungleichartigen Werk...

[2a]) In Forschungsarb. herausgeg. vom Verein deutscher Ingenieure Heft 304 gehen O. F ö p p l und E. B e c k e r dieses Verhältnis zu 1,34 bis 2,1 an. Durch Auftragen der mir z. Zt. erreichbaren Versuchswerte fand ich bei Stählen im Mittel etwa 1.7.

[3]) a. a. O.

[4]) Zwanglose Mitteilungen des Deutschen Verbandes für die Ma... terialprüfungen in der Technik 1926, Nr. 8, S. 91. Das Problem de... Streckgrenze. Vortrag auf dem Internationalen Kongreß für Materia... prüfung, Amsterdam 1927.

[5]) Forschungsarb. Heft 295, herausgeg. vom V. d. I., S. 75 u. 78.

[5a]) G. S a c h s, Z. Bd. 72 (1928) S. 734, hält die obere Streckgrenz... für die Naturgrenze, die durch Eintritt von Zementitbrüchen erreich... werde. Die oben gezogenen Schlüsse für die praktische Festigkeit... rechnung werden m. E. hierdurch nicht geändert. Weitere Stellung... nahme behalte ich mir vor.

Abb. 2 und 3.
Druckelastizitätsversuche nach C. Bach.

1 Reiner Zement
2 Zementmörtel: 40 Raumteile Zement, 60 Raumteile Sand
3 Beton: 11,8 Raumteile Zement, 29 Raumteile Sand, 59 Raumteile Kies
4 Beton: 6,2 Raumteile Zement, 31 Raumteile Sand, 62 Raumteile Kalkschotter.

Abb. 4 bis 6.
Zugelastizitätsversuche. Werkstoff: Aluminiumguß-Legierung.

Abb. 7 bis 9
Zugelastizitätsversuche. Werkstoff: Aluminiumguß-Legierung.

stoffes und demgegenüber dasjenige von feingefügtem gibt ein Bild davon, wie sich voraussichtlich ein fehlerfreier Werkstoff verhalten würde, wie man sich den fehlerfreien Werkstoff innerlich beschaffen denken muß und wie sich die gegenseitige Lage der Proportionalitäts-, Elastizitäts- und Streckgrenze bei fehlerfreiem Werkstoff gestalten wird. Da man, wenn man Gesetzmäßigkeiten sucht, einen möglichst fehlerfreien Werkstoff prüfen muß, der eine deutlich ausgeprägte natürliche Belastungsgrenze aufweist, die nicht durch zufällige Fehler im Werkstoff verdeckt und verschoben wird, so ist die Frage der Werkstoffehler von theoretischer Bedeutung, die praktische steht außer Zweifel. Ich habe schon in dieser Zeitschrift[6]) hierzu Stellung genommen und halte die Frage für wichtig genug, um sie an der Hand von tatsächlichen Feststellungen des elastisch-plastischen Verhaltens einiger Werkstoffe bei Zug- und Druckdehnungsmessungen weiter zu erörtern.

Das Verhalten gleich großer Versuchskörper aus Beton, Zementmörtel und reinem Zement bei Druckbelastung (Bach) zeigen Abb. 2 und 3. Die Linien der elastischen Verkürzung sind am meisten gekrümmt bei Beton, weniger bei Zementmörtel, am wenigsten bei Zement, bei dem sich die Linie am meisten einer Geraden nähert. Die Neigung zu bleibender Verformung schon unter geringer Belastung ist bei Beton am stärksten, bei Zementmörtel kleiner, bei Zement am kleinsten. Da der Beton das gröbste Gefüge unter den drei Werkstoffen hat, der Zement das feinste, so wird man sagen dürfen, die Linie der federnden Verformung nähere sich um so mehr einer Geraden, das Elastizitätsgesetz einem Proportionalitätsgesetz und die Neigung zu bleibender Verformung nehme um so mehr ab, je feiner und gleichmäßiger das innere Gefüge des Werkstoffes ist. In demselben Sinne wird auch das feinere Gefüge praktisch als das günstigere beurteilt.

Die Ergebnisse von Zugelastizitätsmessungen an drei aus demselben Guß stammenden Rundstäben einer Aluminiumlegierung zeigen Abb. 4 bis 6. Die Linienzüge der gesamten und bleibenden Dehnungen sind verschieden, die Linien der elastischen Dehnungen fallen nahe zusammen und nähern sich einer Geraden. Gemeinsam ist also den drei Stäben das elastische Verhalten, das dem Werkstoff selbst eigentümlich ist; verschieden ist aber das plastische Verhalten, das den einzelnen Stab und seinen zufälligen Zustand kennzeichnet. Die hier ins Auge springende Ungleichmäßigkeit ist in besonders hohem Maß dem Gußerzeugnis eigentümlich. Die Grenzspannung, bei der erstmals bleibende Dehnungen auftreten, die sogenannte Elastizitätsgrenze, wie man sie auch erklären mag, kennzeichnet nicht das Wesen des Werkstoffes, sondern seinen zufälligen Zustand in den einzelnen Gußstücken, der sehr verschieden sein kann, auch in einem und demselben Gußstück. Die Elastizität ist dagegen von diesen Zufälligkeiten weitgehend unabhängig. Mit der Angabe eines bestimmten Zahlenwertes für die Elastizitätsgrenze kann also ein Konstrukteur nichts anfangen. Die Linienzüge zeigen aber deutlich, welcher von den geprüften Gußstäben sich im besten Zustand befunden hat.

[6]) a. a. O.

Abb. 10
Zugelastizitätsversuch.
Werkstoff: Thomas-Stahl, $K_z = 50$ kg/mm².

Abb. 11
Zugelastizitätsversuch.
Werkstoff:
Kohlenstoff-Stahl,
$K_z = 77{,}4$ kg/mm².

Die Spannungs-Dehnungslinien, Abb. 7 bis 9, einer andern Aluminiumgußlegierung zeigen einen durchschnittlich viel besseren Zustand an, die Elastizitätsgrenze liegt hoch und ihre Einzelwerte sind untereinander wenig verschieden. Die Proportionalitäts- und Elastizitätsgrenze fallen für das Auge zusammen.

Die beiden Schaubilder, Abb. 10 und 11, geben das elastische Verhalten eines Thomasstahls von rd. 50 kg/mm² Festigkeit und eines Kohlenstoffstahls von 77 kg/mm² Festigkeit wieder; sie zeigen eine deutliche Streckgrenze und für das freie Auge Proportionalität und Elastizität bis zur unteren Streckgrenze. Feinmessungen an zahlreichen Tiegelstahlstäben ergaben nach Moser ein rein elastisches Verhalten bis zum unvermittelten Einsetzen der Streckgrenze und Proportionalität bis dahin. Dieses Verhalten wird auch praktisch als das günstigste bewertet und deutet wegen seiner äußersten Einfachheit auf einen fehlerfreien inneren Zustand hin. Die Schaubilder Abb. 12 und 16, stellen Annäherungen an das ideale Verhalten dar. Man wird also die Auffassung wagen dürfen, daß ein fehlerfreier feinkörniger Stahl dem Proportionalitätsgesetz folgt und daß bei ihm Elastizitäts-, Proportionalitätsgrenze zusammenfallen und nicht weit unter der unteren Streckgrenze liegen, daß aber Abweichungen hiervon auf Mängel im Werkstoff hindeuten.

Nach Eintritt der Streckgrenze sieht man im Gefügebild der Körner vermehrte Gleitlinien, das Strecken und die bleibende Verformung sind also eine Folge der bleibenden Gleitungen innerhalb der Körner. Aus der Tatsache, daß das Strecken plötzlich einsetzen kann unter Ausbildung erheblicher bleibender Verformung,

Abb. 12
Zug- und Druckelastizitätsversuch.
Werkstoff: Stahl,
$K_z = 61$ kg/mm².

darf geschlossen werden, daß beim Eintritt des Strecken[illegible] weite Bezirke des Körpers und viele Kristallite gleichzeiti[illegible] in den labilen Fließzustand geraten, der wohl durch de[illegible] Gleitwiderstand in bevorzugten Gleitebenen bedingt is[illegible] die bei gegebener Lage und gegebener äußerer Belastun[illegible] des einzelnen Kornes kristallographisch bestimmt sin[illegible] Wegen der ungeordneten Lage der Kristallachsen gerate[illegible] nicht alle Kristallite gleichzeitig, sondern hintereinande[illegible] gruppenweise in den Fließzustand. Dieser Umstand un[illegible] die Verfestigung innerhalb der zuerst verformten Kri[illegible] stallite erklären die Schwankungen des Kraftzeigers de[illegible] Prüfmaschine während des Fließens.

Sind dagegen örtliche Fehler im Werkstoff ent[illegible] halten, starke Ungleichheit der Korngröße, Lunke[illegible] u. dergl., so geraten nur kleine Bezirke in den Fließ[illegible] zustand, das örtliche Nachgeben macht sich in der Ge[illegible] samtnachgiebigkeit nur wenig bemerkbar. Daraus er[illegible] klären sich: das Herabsinken der Elastizitätsgrenze, di[illegible] Abweichung der Linie der gesamten Dehnung von de[illegible] Proportionalitätsgeraden, das Auseinanderfallen der Pro[illegible] portionalitäts- oder Elastizitätsgrenze und der Streck[illegible] grenze, das Auftreten bleibender Dehnungen schon unte[illegible] kleiner äußerer Belastung. Demnach haben wir in de[illegible] Streckgrenze eine von der innern Beschaffenheit de[illegible] Körner und ihrer Größe abhängige Werkstoffkonstante, eine Naturgrenze, wie Moser sagt, zu erblicken, in der willkürlichen Elastizitätsgrenze in ihren verschiedenen Abarten dagegen nicht. Da die Streckgrenze durch das Verhalten zahlreicher Körner bedingt ist, die Elastizitätsgrenze durch das Verhalten vergleichsweise weniger, so sind örtliche Fehler von großem Einfluß auf die Elastizitätsgrenze, auf die Streckgrenze dagegen von weit geringerem. Bei Versuchen, die zur Aufstellung oder Nachprüfung von Gesetzmäßigkeiten dienen sollen, muß stets von einer genau bestimmten Naturgrenze ausgegangen werden. Deshalb wurde bei den eigenen Versuchen die Streckgrenze gewählt.

Das elastische Verhalten eines Siemens-Martin-Stahls von etwa 61 kg/mm² Festigkeit bei Zug- und Druckbelastung zeigt Abb. 12. Zug- und Druckelastizität sind nahezu gleich groß, die Streck- und Quetschgrenzen liegen fast gleich hoch, die Abweichungen der gesamten Dehnungen von der Proportionalität sind bei Zugbelastung kleiner als bei Druckbelastung, der Werkstoff verhält sich gegen Zug elastisch besser als gegen Druck. Bei andern derartigen Versuchen wird das Entgegengesetzte beobachtet. Diese Wahrnehmungen lassen sich unschwer aus Eigenspannungen erklären; im einen Fall enthält der Werkstoff besonders hohe Eigendruckspannungen, im andern Eigenzugspannungen. Die Zug- und Druck-Elastizitätsprüfung gewährt in dieser Hinsicht lehrreichen Aufschluß. Gleichheit der Zug- und Druckelastizität und gleiche Höhenlage der Streck- und Quetschgrenze wird auch sonst bei Stahl beobachtet, der sich in einem normalen Zustand befindet.

Einige weitere Spannungs-Dehnungsbilder zeigen noch, wie weit die Güte des inneren Zustandes im Stahl

Abb. 13
Zugelastizitätsversuch.
Werkstoff: Gebrochene Dieselmotorwelle,
$K_z = 49$ kg/mm².

ıerabsinken und wieweit man sie derzeit etwa zu heben n der Lage ist. Abb. 13 zeigt den Schmiedestahl einer Kurbelachse von etwa 15 cm Dmr., die durch Dauerbruch ınbrauchbar wurde. Proportionalität und Elastizität ıören schon bei niederen Spannungen weit unter der Fließgrenze auf; die Fließgrenze selbst liegt tief unter ler Zugfestigkeit (etwa 42 vH). Die Kerbzähigkeit ist ıiedrig, das Gefüge grobkörnig, das Schmiedestück zeigt ine von dem Ausschmieden herrührende Sehne, die an nanchen Stellen verworren verläuft. Das elastische Verıalten in der Sehnenrichtung und quer dazu ist verschieden. Da mehrere durch Ermüdung gebrochene Kropfıchsen dasselbe Ergebnis zeigten, dürfte die Erscheinung ınd ihre Ursache, die vermutlich in ungeeigneter Beıandlung beim Schmieden besteht, nicht vereinzelt sein.

Das größte Korn entsteht durch Rekristallisation, :. B. durch Kaltreckung mit nachfolgender Erhitzung ıicht über den oberen Haltepunkt; hierbei wurde bei Weichstahl, der etwa um 10 vH kalt vorgereckt und auf 700 bis 750 °C erhitzt wurde, ein ungünstigster Zustand beobachtet. Mit der Kornvergröberung sinkt die Streckgrenze immer tiefer unter die Zugfestigkeit, sie beträgt n einem Einzelfall 30 vH der Zugfestigkeit. Bei kriischer Rekristallisation wird nach Körber die Streckgrenze fast ganz zum Verschwinden gebracht.

Ein ungünstiges Verhalten zeigt der Stahl für Kraftwagen von 77 kg/mm² Festigkeit einer Kardanwelle, Abb. 14; ein überraschend ungünstiges Verhalten schließich der Chromnickelstahl von 77 kg/mm² Festigkeit, Abb. 15. Der letztere sollte angeblich 93 kg/mm² Festigkeit und 80 kg/mm² Streckgrenze haben. Tatsächlich wurde schon bei 1300 kg/cm² eine kleine bleibende Dehnung festgestellt, die mit steigender Spannung ungemein stark anwächst. Im Vereine hiermit trat ein starker Einfluß der Zeit auf die Formänderung hervor. Der Fließzustand war bei 4800 kg/cm² erreicht, die Festigkeit betrug 7700 kg/cm². Ein Beispiel, das für den Konstrukteur und die Härterei äußerst lehrreich ist. Der Konstrukteur hat es tatsächlich mit einem ganz andern Werkstoff zu tun als er glaubt; man sieht wie nötig es ist, den Werkstoff durch Prüfung zu überwachen, die im vorliegenden Fall in einer Elastizitätsmessung bestehen kann, aber auch in einer Prüfung auf Dauer-

Abb. 16
Zugelastizitätsversuch.
Werkstoff: NiCr-Stahl (Rohrbremsenstahl), $K_z = 86{,}6$ kg/mm².

Abb. 14
Zugelastizitätsversuch. Werkstoff: Stahl, $K_z = 77$ kg/mm², aus der Kardanseitenwelle eines 55 PS-Lastkraftwagens, die im Betrieb verwunden wurde.

Abb. 15
Zugelastizitätsversuch. Werkstoff: Chromnickelstahl ENC_4 (Schöller), 22 mm Dmr., $K_z = 77$ kg/mm²

Abb. 17
Zugelastizitätsmessung. Werkstoff: Stahl, $K_z = 130$ kg/mm² (Krupp).

festigkeit; die letztere steht in nächster Beziehung zur Anwendung und ist ebenfalls geeignet, den mangelhaften Zustand des Stahles ans Licht zu bringen. Mit den üblichen Feststellungen der Zerreißprobe gelingt dies nicht. Eine weitere Lehre kann die Härterei beziehen, die durch die Prüfung erst erfährt, was sie fertiggebracht hat, und dadurch erst veranlaßt wird, auf Abhilfe bedacht zu sein.

Daß es besser gemacht werden kann und daher auch besser gemacht werden muß, beweisen Spannungs-Dehnungslinien von Stählen mit sogar höherer Festigkeit, die auf einen weit besseren Zustand des wärmebehandelten Stahls schließen lassen. Abb. 16 und 17 zeigen Chromnickelstähle von 86,6 und 130 kg/mm² Festigkeit. Der Stahl, Abb. 17, ist von Krupp hergestellt und im Kruppschen Laboratorium untersucht. Nach Abb. 16 und 17 scheint es möglich, bei Stählen bis etwa 100 kg/mm² Festigkeit durch sachgemäße Wärmebehandlung noch einen befriedigenden Zustand im Innern des Stahles herzustellen. Das wird um so schwieriger je härter der Stahl, je größer die Gebrauchsstücke und je verwickelter deren Form, ist aber eine Aufgabe von größter Wichtigkeit für den Kraftwagenbau.

Sehr wichtig für das Verständnis des Verhaltens des vielkristallinen metallischen Werkstoffes, dessen Gesamtformänderung die durchschnittliche Formänderung der einzelnen Kristallite ist, ist das Verhalten des Einkristalls. Rosbaud und E. Schmid, Polanyi und G. Sachs[7]) haben an einzelnen Metallkristallen aus Zink, Wismut und Zinn die Elastizitätsgrenze so niedrig gefunden, daß sie sich praktisch nicht von null unterscheidet. Die Frage, ob die noch festgestellte geringe Spur von Elastizität nicht nur durch eingelagerte Fremdatome bewirkt ist bleibt nach E. Schmid noch offen. Von Smekal[7a]) und Nádai ist anderseits auf die Möglichkeit von Kristallinhomogenität (Unvollkommenheit des Gefüges, Spalten und Lockerstellen) hingewiesen, während Czochralski diesen Einfluß für nicht sehr erheblich hält. Über diese wichtigen Fragen sind sich also die Forscher noch nicht einig, auch sind Stahleinkristalle noch nicht untersucht. Es erscheint zur Zeit noch nicht möglich, in der Frage der Elastizität und Elastizitätsgrenze eine Brücke vom Einkristall zum Vielkristall zu schlagen.

Dagegen ist im Hinblick auf die Festigkeitshypothesen des vielkristallinen Körpers die Feststellung wichtig, daß die bleibende Verformung des Einkristalls in Gleitungen längs einer kristallographisch bestimmten Ebene und in einer bestimmten Gleitrichtung erfolgt, wobei die Schubspannung in der Gleitfläche in der erwähnten Richtung einen bestimmten, dem Werkstoff eigentümlichen kritischen Wert behält; die in der Gleitfläche herrschende Normalspannung ist ohne Einfluß. Die tatsächliche Gleitfläche ist aber nicht die Fläche der größten Schubspannung und die Gleitspannung nicht die größte Schubspannung des Spannungszustandes. Man erkennt Ähnlichkeit und Unterschied im Vergleich mit der Hypothese von der größten Schubspannung. Die kritische Gleitspannung erweist sich als stark von der Gleitgeschwindigkeit abhängig. Als untere Streckgrenze könnte man die Gleitspannung bei der Gleitgeschwindigkeit null ansehen. Wenn am Einkristall keine obere Streckgrenze beobachtet wird, wofür keine Anhaltspunkte vorzuliegen scheinen, wäre das Labilwerden an der oberen Streckgrenze an den Körneraufbau des Vielkristalls gebunden.

Überblickt man das Verhalten innerlich verschieden aufgebauter, grob- und feinkörniger, mehr oder weniger gleichmäßiger und gleichartiger, mehr oder weniger eigenspannungsfreier Werkstoffe, so tritt unter gewissen Umständen das denkbar einfachste Verhalten hervor, die Proportionalität und Elastizität, das Zusammenfallen von Proportionalitäts-, Elastizitäts- und unterer Streckgrenze.

Man beurteilt solche Werkstoffe praktisch als sehr g und darf ihren innern Zustand als fehlerfrei ansehen u Abweichungen von dem beschriebenen Verhalten a Werkstoffmängel zurückführen. Den vielkristallin au gebauten metallischen Werkstoff wird man als fehlerfr ansehen dürfen, wenn er gleichmäßig feinkörnig ist, wen das Gefüge aller Körner gleich ist und jedes Korn in si von einheitlichem Gefüge, wenn die Kristallachsen d einzelnen Körner völlig regellos orientiert sind, wenn d Werkstoff frei ist von Eigenspannungen, Lunkern und de gleichen. Er verhält sich dann so, als ob er isotrop wä (quasiisotrop), d. h. in allen Richtungen gleich elastisc und fest und an allen Stellen einer Geraden gleich. Jed Abweichung hiervon bedingt ein weniger einfaches Ve halten. Die Abweichungen vom einfachsten Verhalte werden also hier als Folgen von Werkstoffmängeln au gefaßt. Ein aus mehreren Stoffen oder Legierungsbe standteilen bestehender Verbundkörper oder ein solche mit instabilen Gitterkräften würde nicht das einfachst Verhalten zeigen.

Schwingungsfestigkeit und untere Streckgrenze als maß gebende Beanspruchungsgrenzen

Wenn Versuche darüber angestellt werden sollen unter welchen Umständen ein Werkstoff an die Be lastungsgrenze gelangt, so kann ein klares Ergebnis nu erlangt werden, wenn die Beanspruchungsgrenze eine vo Zufälligkeiten im Werkstoff unabhängige Naturgrenz ist, die man begrifflich festlegen und sicher beobachte kann. Von Festigkeitsgrenzen kommt technisch nur di Ermüdungsgrenze und die Grenze der bleibenden Verfor mung in Frage. Die bisherige Elastizitätsgrenze ist al Berechnungsgrundlage für Konstruktionen nicht geeigne und ebensowenig zur physikalischen Beurteilung der Er gebnisse von Verformungsmessungen etwa im Hinblic auf die Prüfung von Festigkeitsannahmen. Bei techni schen Elastizitätsmessungen trifft man zwar innerhal der Fehlergrenzen ein elastisches Verhalten an und best Forscher der neuen Zeit scheuen sich nicht, das Wor Elastizitätsgrenze und Elastizität immer noch zu benutzen wohl indem sie an einen Idealzustand des Werkstoffes denken. Bei der hier zu erörternden Frage der Festigkeitshypothesen wird aber von der Anwendung des Begriffes Elastizitätsgrenze abgesehen und die Streckgrenze als Naturgrenze gebraucht; es wird nur festgestellt, ob bei Vorhandensein einer Streckgrenze der Versuchswerkstof sich hinreichend elastisch verhalten hat.

Wird man einmal zur Prüfung der Festigkeitshypothesen von dynamischen Ermüdungsversuchen ausgehen so wird es auch hier nicht an Schwierigkeiten fehlen, die überwunden werden müssen, bis man sichere Werte der Normal- und Tangential-Schwingungsfestigkeit für den gleichen Werkstoff erhält. Es entstehen ganz ähnliche Fragen wie bei der Elastizitätsgrenze. Ob es eine Ermüdungsgrenze und eine Schwingungs- und Ursprungsfestigkeit überhaupt gibt, die eine Naturgrenze des Werkstoffes bilden, ist auf dem Versuchswege nicht zu entscheiden, da es offen bleibt, ob nach überaus vielen Lastwechseln nicht doch schließlich ein Ermüdungsbruch eintritt.

Werkstoff- oder Oberflächenfehler fördern die Ermüdung stark, machen sich also bei Ermüdungsversuchen besonders stark geltend, und zwar um so mehr, je mehr sich die Fehler an den hochbeanspruchten Stellen befinden. Auch hier ist die Auswahl eines möglichst fehlerfreien Werkstoffes von größter Wichtigkeit, wenn man Gesetzmäßigkeiten sucht, und man muß zahlreiche Versuche machen. Auch das statische Verhalten des dauergeprüften Werkstoffes wird festzustellen sein, um zu sehen, ob ein Zusammenhang zwischen der statischen und der dynamischen Beanspruchungsgrenze besteht.

Versuche zur Prüfung der Festigkeitshypothesen

Von den wichtigsten heute vorgelegten Festigkeitshypothesen und den zu ihrer Prüfung angestellten Versuchen habe ich in dieser Zeitschrift schon berichtet[8]). Die Fragestellung lautet je nach der für richtig gehal-

[7]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) Nr. 2 S. 64.

[7a]) In Z. Bd. 72 (1928) Nr. 20 S. 667 werden von Smekal Begründungen für das Vorhandensein von Lockerstellen im Einkristall mitgeteilt. Lockerstellen beeinflussen eine Reihe von Eigenschaften, darunter die der Festigkeit, empfindlich, eine andere, darunter die der Elastizität, Röntgeninterferenz nur wenig; letztere sind vorwiegend durch den regelmäßigen Raumgitteraufbau bedingt und gegen kleine Störungen desselben unempfindlich. Dem idealen Einkristall wird von Smekal weitgehende Elastizität zugeschrieben.

[8]) a. a. O.; sehr eingehend berichtet darüber Lode in Forschungsarb., herausgeg. vom V. d. I. Heft 303.

tenen Hypothese: Welche größte Normalspannung, Dehnung, elastische Arbeit an 1 cm^2 (Gesamtarbeit oder nur der Anteil Gleitarbeit), Schubspannung führt Bruch- oder Fließgefahr herbei? Wie im Vorhergehenden begründet ist, wird die Frage auf die Fließgrenze beschränkt und die Bruchgrenze zurückgestellt, also nur gefragt, welche Umstände den Fließbeginn bedingen. Bezüglich der Ermüdungsgrenze ist die gestellte Frage sobald als möglich zu prüfen.

Der Versuchswerkstoff soll hinreichend fehlerfrei sein und eine ausgeprägte Streckgrenze aufweisen. Die Spannungen im belasteten Versuchskörper sollen möglichst gleichmäßig verteilt sein, damit die Fließgrenze klar hervortritt. Bei den eigenen Versuchen wurde die untere Streckgrenze als maßgebend angesehen.

Die Versuche verschiedener Forscher sind in meiner früheren Abhandlung in ihren wesentlichen Zügen beschrieben und die Hauptergebnisse angegeben. Es sei wiederholt, daß die gestellte Frage entscheidend nur durch Versuche unter zusammengesetzter Belastung beantwortet werden kann. Es lassen sich jedoch auch einfache Zug-, Druck- und Verdrehversuche zur Prüfung der Festigkeitshypothesen verwenden, da durch die jeweilige Festigkeitshypothese das Verhältnis zwischen Zug- und Verdrehstreckgrenze oder Zug- und Druckstreckgrenze festgelegt ist. Das Verhältnis Zug-Streckgrenze S_z zu Verdreh-Streckgrenze S_d ist z. B.

nach der Hypothese von der größten Normalspannung . . . . $S_z : S_d = 1$
nach der Hypothese von der größten Dehnung 1,3
nach der Hypothese von der größten elastischen Arbeit 1,61
nach der Hypothese von der größten Gleitarbeit 1,73
nach der Hypothese von der größten Schubspannung . . . . 2.

Bei den einfachen Versuchen kann die ganze Aufmerksamkeit auf die genaue Ermittlung der Streckgrenze gerichtet werden, die Versuchseinrichtung ist einfach. Bei Versuchen unter zusammengesetzter Beanspruchung ist die Einrichtung erheblich verwickelter, erfordert z. B. die genaue gleichzeitige Messung einer Zugkraft und eines Verdrehmomentes.

Bei den eigenen Messungen der Drehstreckgrenze wurden Hohlstäbe von $d_a = 12$ bis 14 mm Dmr. und $d_i = 10$ bis 12 mm Bohrung, 2 bis 0,5 mm Wanddicke verwendet, sie wurden sorgsam außen und innen geglättet und im Anlieferzustand geprüft. Guest[8a]) verwendete Hohlzylinder von 32,435 mm äußerem Dmr. und 0,635 mm Wanddicke.

Bei den eigenen Versuchen wurde Stahl von 36 bis 104 kg/mm^2 Festigkeit geprüft. Die Spannung an der Drehstreckgrenze wurde bei den Vollstäben und anfänglich auch bei den Hohlstäben nach der üblichen, bis zur Proportionalitätsgrenze gültigen Gleichung

$$\tau_d = M_d : W \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

berechnet, worin $W = \frac{\pi}{16} d_a^3 \, (1 - \delta^4)$ und $\delta = d_i : d_a$. Später wurde bei der Berechnung der Drehstreckgrenze an den Hohlstäben angenommen, daß die Spannung, wenn die ganze dünne Wand in den Fließzustand geraten ist, in der ganzen Wand gleichgroß sei. Sie ist dann zu berechnen aus

$$\tau_d' = M_d : W' \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2),$$

wo $W' = \frac{\pi}{12} d_a^3 \, (1 - \delta^3)$. Für gleiches M_d und d_a ist $\tau_d > \tau_d'$, und zwar um so größer, je größer die Wanddicke. Bei den von Guest verwendeten sehr dünnen Rohren ist der Unterschied geringfügig, nämlich $\tau_d = 1{,}007 \; \tau_d'$.

Die Drehstreckgrenze an den Vollstäben ergab sich stets höher als an den Hohlstäben. Da die Spannungsverteilung in den Hohlstäben gleichmäßiger ist als in den Vollstäben, muß man die an den Hohlstäben ermittelten Drehstreckgrenzen für die richtigeren halten. Vorausgesetzt, daß sich das Strecken durch die ganze Wand ausgebreitet hat, wird man überdies dem richtigen Wert durch Benutzung der zweiten der obenstehenden Gleichungen noch näher kommen, die Zulässigkeit der letzten Voraussetzung wurde an dem Torsionsschaubild nachgeprüft.

In Zahlentafel 1 bis 3 bedeutet K_z die Zugfestigkeit; S_{zo} und S_{zu} obere und untere Zugstreckgrenze; δ_{10} die Bruchdehnung für $l = 10\,d$; ψ die Einschnürung; K_d die Verdrehfestigkeit nach Gl. (1) mit $\delta = d_i : d_a = 0$; S_{dov} und S_{duv} obere und untere Verdrehstreckgrenze an Vollstäben nach Gl. (1) mit $\delta = 0$; γ_B die Gleitung beim Bruch; S_{duh} die untere Verdrehstreckgrenze eines Hohlstabes nach Gl. (1). S'_{duh} deren Effektivwert nach Gl. (2). Dieser Wert ist neuerdings auch an Vollstäben in befriedigender Übereinstimmung mit dem an Hohlstäben gefundenen Wert ermittelt, worüber besonders berichtet wird.

Die Stähle 1 bis 10, 15 bis 20, Zahlentafel 1, sind unlegierte Kohlenstoffstähle, und zwar Walzstähle, bis auf 3, 6, 7, 9, die man aus geschmiedeten Kurbelwellen von 15 bis 25 cm Dmr. entnommen hat. Die Stähle 11 bis 14,

[8a]) London Philos. Magaz. 1900 S. 69 u. f.

Zahlentafel 1
Zug- und Drehstreckgrenzen von Vollstäben aus gleichem Werkstoff (Stahl)

Nr.	Werkstoff	Zug					Verdrehung				$\frac{S_{zu}}{S_{du}}$
		K_z kg/mm²	S_{zo} kg/mm²	S_{zu} kg/mm²	δ_{10} vH	ψ vH	K_d kg/mm²	S_{dov} kg/mm²	S_{duv} kg/mm²	γ_B	
1	PG	35,7	26,7	22,8	33	69	44,1	18,3	16,1	2,5	1,42
2	Weicheisen roh	37,9	26,2	22,8	35,0	70,5	45,9	19,5	16,2	2,41	1,41
3	Kurbelwelle K.A.S. (3 A)	40,7	20,4	17,4	33,0	60,5	47,2	14,4	13,6	1,93	1,26
4	Lok. Kesselblech	43,1	32,4	25,0	34,7	67,1	50,2	20,6	17,8	1,93	1,4
5	Himmelwerk	45,1	31,9	26,75	30	66,5	50,5	22,3	18,8	1,32	1,42
6	Kurbelwelle Heidh	48,2	22,9	20,4	26,6	59	52,4	16,3	15,6	0,30	1,31
7	Dieselm.-Welle 1 B	49,2	22,8	20,8	22,3	32,5	50,1	15,2	15,2	0,87	1,37
8	Thomasstahl	49,5	40,5	33,9	29,6	68,5	56,2	25,7	23,6	1,99	1,44
9	Kurbelwelle 4 A	55,2	27,6	22,5	21,2	45	57,6	18,0	17,3	1,13	1,30
10	Z N	60,9	42,8	37,4	24,0	55,6	62,1	27,4	26,2	1,01	1,43
11	P N C 3 V	67,7	40,8	37,7	19,0	59,0	65,0	28,6	26,5	1,26	1,42
12	Cardanwelle	95,3	85,0	83,5	14,0	59,0	89,3	67,5	64,0	1,21	1,3
13	Z K V	95,3	66		9,5	57,5	85,0	46,2		1,86	1,43
14	T A H	104	94,5	92,3	10,3	54,6	92,0	66,3	65,5	1,16	1,41
15	Flußeisen, Braun X.	41,5	34,5	27,9	31	71,4	47,3	23,0	19,5	1,91	1,43
16	B J	64,2	41,1	37,2	26	52,7	64,0	29,1	26,3	0,9	1,42
17	E O Wg	38,5	24,2	22,8	34	76	48	19	15,9	2,85	1,44
18	E O W.	38,1	27,8	23,3	34	74,3	46,4	21	16,8	2,5	1,38
19	K E 1	44,4	29,5	27,6	30	70,5	51,6	20,2	19,9	2,52	1,39
20	K E 1g	44,7	30,4	27,9	30	80	54,9	20,6	18,6	3,52	1,5
21	P A	98,5	92,1	86,6	11,6	53,5	87,3	61	60,6	1,12	1,43
22	B S J	76,4	55,6	49,6	—	58,4	75	35,7	35,3	1,47	1,4
23	B S J	77,6	54,7	49	—	56,4	74,5	34,8	34,5	1,5	1,42

Zahlentafel 2

Zug- und Drehstreckgrenzen von Voll- und Hohlstäben aus gleichem Werkstoff (Stahl)

Vollstab									Hohlstab				
Zug					Verdrehung				Verdrehung				
K_z kg/mm²	S_{zo} kg/mm²	S_{zu} kg/mm²	δ_{10} vH	ψ vH	K_d kg/mm²	S_{dov} kg/mm²	S_{duv} kg/mm²	γ_B	d_i mm	d_a mm	S_{doh} kg/mm²	S_{duh} kg/mm²	S'_{duh} kg/mm²
Walzstahl H 1													
82,5	39,4	38,8	16,8	29,2	76,5	28,0	27,7	0,735	10	12	24,8	24,1	—
									10	12	25,6	24,6	—
									12	14	25,0	24,5	—
Walzstahl V Z													
63,2	40,1	36,4	24,8	62,6	66,7	27,3	26,7	1,89	10	12	24,8	22,4	20,8
									12	14	23,3	21,6	20,3
Walzstahl Z N													
61,8	43,5	38,2	24,8	55,6	62,7	27,3	26,2	1,12	10	14	24,95	22,85	20,0
61,4	44,0	37,9	24,2	51,5	63,6	28,0	26,0	1,18	12	14	23,16	22,38	21,0
60,5	42,6	37,5	22,7	55,4	61,5	27,38	26,4	0,965	12	14	23,8	22,0	20,6
61,0	44,25	37,6	25,8	56,3	62,0	27,6	26,0	1,04	12	14	22,1	20,0	18,5
60,8	40,7	37,0	24,1	55,5	62,8	27,1	26,1	1,17	10	12	23,9	22,3	20,7
60,6	42,65	37,2	24,0	55,5	62,2	27,4	26,3	1,02	10	12	22,66	21,85	20,0
61,0	41,9	37,2	23,0	55,4					10	12	22,96	21,4	20,0
61,5	43,3	38,7	21,0	45,3					12	13	23,9	22,2	21,4
									12	13	23,9	21,4	20,0
Walzstahl B													
46,4	29,4	24,9	29,5	69,0	51,8	20,7	18,4	1,52	10	12	17,8	16,6	15,2
									12	14	17,1	15,9	14,6
									12	13	18,2	15,8	15,2
Walzstahl H 2													
43,4	28,0	26,8	27,0	73,1	51,2	21,3	20,6	2,33	12	14	17,7	16,4	15,3
									10	12	23,2	16,6	15,2
Walzstahl B W													
38,0	26,9	20,55	35,1	69,4	45,8	18,94	14,8	2,37	10	14	17,57	13,9	12,1
38,2	25,5	20,7	35,2	70,2	44,5	19,01	16,3	1,94	10	13	16,9	14,57	12,9
38,2	24,24	22,0	34,0	70,2	45,0	19,01	15,28	2,09	10	12	15,4	13,12	12,15
					46,8	19,3	15,52	2,6	10	12	16,28	13,5	12,5
					46,2	19,7	14,8	2,41	12	14	16,45	14,2	13,1
									12	14	14,25	13,3	12,5
									12	13	14,9	13,4	13,4
E O Wg													
38,5	24,2	22,8	34	76	48	19	15,9	2,85	10	12	16,3	14,8	13,7
E O W													
38,1	27,8	23,3	34	74,6	46,1	21	16,8	2,5	10	12	18,2	16,4	15,1
K Elg													
44,7	30,4	27,9	30	80	54,9	20,6	18,6	3,52	10	12	19,8	19,2	17,5
K E1													
44,4	29,5	27,6	30	70,5	51,6	20,2	19,9	2,52	10	12	17	16,8	15,5
P A													
98,5	92,1	86,6	11,6	53,5	87,3	61	60,6	1,12	12	14	53,3	52,5	48,7

Zahlentafel 3

Zug- und Drehstreckgrenzen von Voll- und Hohlstäben aus gleichem Werkstoff (Stahl)

Zusammenstellung

Werkstoff	Mittelwerte						
	S_{zu} kg/mm²	S_{duv} kg/mm²	S_{duh} kg/mm²	S'_{duh} kg/mm²	$\frac{S_{zu}}{S_{duv}}$	$\frac{S_{zu}}{S_{duh}}$	$\frac{S_{zu}}{S'_{duh}}$
Walzstahl H 1	38,8	27,7	24,4	—	1,4	1,59	—
„ V Z	36,4	26,7	22,0	20,5	1,36	1,65	1,77
„ Z N	37,7	26,2	21,9	20,2	1,44	1,72	1,86
„ B	24,9	18,4	16,1	15,0	1,35	1,55	1,66
„ H 2	26,8	20,6	16,5	15,2	1,3	1,62	1,76
„ B W	21,1	15,3	13,7	12,7	1,38	1,54	1,66
„ E O Wg	22,8	15,9	14,8	13,7	1,44	1,55	1,66
„ E O W	23,3	16,8	16,4	15,1	1,39	1,42	1,54
„ K Elg	27,9	18,6	19,2	17,5	1,50	1,45	1,60
„ K E1	27,3	19,9	16,8	15,5	1,37	1,62	1,76
„ P A	86,6	60,6	52,5	48,7	1,43	1,65	1,78

21 bis 23 sind Konstruktionsstähle für Kraftwagen, 11, 13 und 21 Chromnickelstähle, 22 und 23 nickelfreier Konstruktionsstahl aus einer Kurbelachse für Kraftwagen, deren Zusammensetzung im einzelnen nicht bekannt ist. Die Weichstähle 1, 2, 17 bis 20 sind Zieh- oder Einsatzstähle, z. T. von außerordentlicher Zähigkeit, 15 Ziehstahl. Auf die Vorbehandlung läßt das Verhältnis untere Zugstreckgrenze zu Festigkeit einen Schluß zu; bei normaler Glühung ist es bei Walzstahl 0,6 bis 0,65; bei härterem Kohlenstoffstahl etwas niedriger, bei Schmiedestücken besonders von größerer Dicke niedriger als bei Walzstahl. Durch Vergüten kann es gehoben werden, z. B. bei 21 auf 0,88. Durch übermäßiges Glühen oder Rekristallisation wird es herabgedrückt. Das vorzügliche Verhalten von Stahl 21 sei besonders hervorgehoben. Die Stäbe KE 1 und EO W hat man dem Laboratorium mit der Angabe: Anlieferzustand oder geglüht (*g*) übergeben; über das Glühen ist nichts Näheres mitgeteilt. Der Stahl 19, Zahlentafel 1, zeigt schon bei niedriger Spannung beträchtliche bleibende Dehnung, befand sich also in einem ungünstigen Zustand, die Streckgrenze war trotzdem deutlich ausgeprägt.

Zahlentafel 1 enthält die Ergebnisse von Zerreiß- und Verdrehversuchen, die von mir seit 1919 zunächst ohne

Zahlentafel 4. Von Guest ermittelte Werte der Streckgrenze.

Rohr	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
S_z	2860	4250	2410	2890	2380	2750	2820	2380	790	648	1200	1420
			2320	2890	2380	2670	2880	2530				
S_d	1260	2160	1100	1580	—	1580	1450	—	420	420	660	750
		2400	1100	1580	1220	1560	1560	1400				
S_z/S_d	2,6	1,97	2,2	1,83	—	1,71	1,83	1,7	1,75	1,64	1,84	1,94
		1,77	2,1	1,83	1,97	1,74	1,84	1,8				

Abb. 18 Zusammengehörige Werte der Zug- und Verdrehstreckgrenze von Stählen.

Beziehung zur Frage der Festigkeitshypothesen ausgeführt worden sind. Die Zug- und Verdrehstäbe sind jeweils derselben Stange oder demselben Schmiedestück entnommen; die Zahl der geprüften Stahlsorten ist 18. Das Verhältnis der Zugstreckgrenze zur Drehstreckgrenze liegt vorwiegend in der Nähe von 1,42; die niedrigeren Werte sind an Stählen gefunden, die geschmiedeten Stücken entnommen sind und eine tiefliegende Streckgrenze haben, was auf ungeeignete Behandlung des Stahles beim Schmieden hindeutet. Diese aus der Reihe fallenden Werte müssen auf einen anormalen Zustand des Werkstoffes zurückgeführt werden.

Nach der Größtdehnungshypothese müßte das Verhältnis $S_z : S_d = 1{,}3$ sein; dieser Wert ist in keinem Fall beobachtet. Aber der beobachtete Wert 1,42 ist noch zu niedrig, da die Streckgrenze an den Vollstäben (berechnet aus 1) zu hoch ist.

Zahlentafel 2 enthält Streckgrenzbestimmungen an Voll- und Hohlstäben aus demselben Stahl; untersucht wurden sechs Walzstähle von 37 bis 82 kg/mm² Festigkeit. Besonders viele Versuche sind an dem Stahl ZN gemacht, einem sehr guten mittelharten Stahl. Im Mittel fand sich an diesem die Zugstreckgrenze $S_{zu} = 37{,}7$, die Drehstreckgrenze an Vollstäben $S_{duv} = 26{,}2$; an Hohlstäben $S_{duh} = 21{,}9$ nach (1). $S_{duh} = 20{,}0$ kg/mm², nach (2). Das an den Vollstäben festgestellte Streckgrenzverhältnis 1,44 erhöht sich durch Verwendung von Hohlstäben auf 1,72 und 1,86.

Der Streckgrenzwert S_{duh} ist vom Durchmesserverhältnis $\delta = d_i : d_a$ des Hohlstabes abhängig, weshalb Hohlstäbe mit verschiedenem δ geprüft wurden. Diese Abhängigkeit tritt beim Stahl ZN nicht deutlich hervor, eher beim Stahl BW, bei dem S_{duh} mit wachsendem δ abnimmt. Dabei ist eine gewisse Streuung infolge Ungleichmäßigkeit des Werkstoffes unverkennbar.

In Zahlentafel 3 sind die für die Prüfung der Festigkeitshypothesen ausschlaggebenden Verhältniszahlen $S_z : S_d$, ermittelt an Hohlstäben, zusammengestellt. Sie liegen zwischen 1,66 und 1,86; bei dem harten Kohlenstoffstahl H 1 waren obere und untere Streckgrenze noch ausgeprägt, Fließen bei unveränderter Belastung aber nicht, die Verhältniszahl 1,58 bis 1,61 hat nicht das gleiche Gewicht wie die andern.

Es sind auch Streckgrenzbestimmungen auf Zug und Verdrehen am gleichen Stab aus Stahl ZN ausgeführt worden. Die Verhältniszahl wurde zu 1,83 gefunden gegen 1,86 oben, gleichviel ob zuerst auf Zug und dann auf Verdrehen geprüft wurde oder umgekehrt. Hierbei war $E = 2\,140\,000$; $G = 822\,000$ kg/cm²; $E : G = 2{,}6$; $m = 3{,}3$.

Abb. 18 gewährt einen Überblick über die Versuchsergebnisse, Zahlentafel 2 und 3. Wagrecht ist die effektive untere Verdrehstreckgrenze, erhalten an Hohlstäben, senkrecht die untere Zugstreckgrenze aufgetragen; die Punkte entsprechen den verschiedenen untersuchten Stahlsorten, die Ursprungsgeraden den verschiedenen Festigkeitshypothesen. Die Versuchspunkte liegen beiderseits der Geraden, die durch die Hypothese von der größten Gleitarbeit A_{gl} bestimmt ist. Im Durchschnitt erscheint diese Hypothese sehr gut bestätigt[8b]. Die Hypothese von der größten Schubspannung τ_{max} (Mohr, Guest) wird nicht erreicht; nicht bestätigt wird die Hypothese von der Größtdehnung ε_{max} und noch weniger die von der Größtspannung σ_{max}, wobei hervorgehoben sei, daß der Versuchswerkstoff zäher Stahl ist.

Hiernach wäre die mittlere Spannung $\sigma = {}^1/_3\,(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$ von keinem oder nur von geringem Einfluß auf die Fließgefahr, wohl aber die zweite Hauptspannung σ_2 ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$) die nach Mohr-Guest ohne Einfluß sein müßte. Nach Mohr-Guest käme es nur auf die größte Hauptschubspannung $\tau_{13} = \frac{1}{2}\,(\sigma_1 - \sigma_3)$ an, nach Huber-Hencky (Hypothese der Gleitarbeit) auf sämtliche Hauptschubspannungen ${}^1/_2\,(\sigma_1 - \sigma_3)$, ${}^1/_2\,(\sigma_3 - \sigma_2)$, ${}^1/_2\,(\sigma_2 - \sigma_1)$ an. Jedenfalls hängt die Fließgefahr bei zähem Stahl mit den Schubspannungen oder Schiebungen in irgend welcher Art zusammen, vermutlich so, daß das Verhalten des vielkristallinen Metalles der statistische Durchschnitt des Verhaltens der einzelnen Kristallite (Einkristalle) ist. G. Sachs[9]) versucht in dieser Zeitschrift unter gewissen Voraussetzungen diesen Durchschnitt zu bilden, sein Ergebnis steht im Einklang mit der Hypothese von der Gleitarbeit. Obwohl Sachs im einzelnen Kristalliten die Schubspannung wie auf S. 1630 als maßgebend annimmt, führt die statistische Betrachtung doch auf die Hypothese von der Gleitarbeit, was von großem systematischem Interesse ist.

Unter den Versuchen Guests über die zusammengesetzte Beanspruchung dünner Rohre aus weichem Stahl, Kupfer und Messing befinden sich auch einfache Zug- und einfache Verdrehversuche, deren Ergebnisse mit den angeführten verglichen werden können. Unter Streckgrenze versteht Guest die Fließspannung, d. h. das erstmalige Auftreten bleibender Verformung bei unveränderter Belastung. An einem und demselben Rohr sind Versuche mit einfacher Belastung auf Zug oder Verdrehen und mit zusammengesetzter Belastung ausgeführt, die einfachen Belastungen am Anfang und Ende einer Versuchsreihe, wobei sich die Streckgrenze, von wenigen Ausnahmen abgesehen, gleich hoch ergab. Die von Guest ermittelten Werte der Streckgrenzen (kg/cm²) zeigt Zahlentafel 4. Die Rohre 1 bis 3 sind aus norwegischem Eisen, Rohr 4 bis 9 aus weichem Stahl, Rohr 10 und 11 aus Kupfer, Rohr 12 und 13 aus Messing hergestellt.

Guest sagt von seinen Versuchen, daß sie die Hypothese von der Größtschubspannung bestätigen, nach der $S_z : S_d = 2$ sein müßte. Der Wert 2 wird in der Zusammenstellung 4 dreimal überschritten, dreimal beinahe erreicht, 13 Werte sind erheblich kleiner (1,64 bis 1,84) und stimmen mit den von mir ermittelten sehr nahe überein. Die Werte von Rohr 1 und 6 fallen aus der Reihe und werden am besten nicht mitbewertet.

[8b]) Vergl. auch Fußnote 2[a]). [9]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 22 S. 734.

Bei langen Hohlzylindern kann die Stabachse unter Torsion schraubenförmig ausknicken, bei dünnwandigen die Wand einknicken. Diese beiden Arten von Knickgrenzen lagen bei den eigenen Versuchen genügend hoch über der Verdrehstreckgrenze, so daß die Gefahr eines Herabdrückens der letzteren nicht bestand. Da die Größenordnung des Streckgrenzverhältnisses $S_z : S_d$ bei den Versuchen von Guest und den eigenen durchaus übereinstimmt, ist anzunehmen, daß die Knickgefahr an den erheblich dünneren Versuchszylindern von Guest nicht schädlich gewirkt hat; dahingehende Befürchtungen sind also unbegründet.

Festigkeitsrechnung bei zusammengesetzter Beanspruchung

Die Höhe der Werkstoffbeanspruchung bei Biegung und Verdrehung einer Welle oder eines Kurbelarms, Zug oder Druck und Verdrehung einer Schraube und ähnliches, wenn das stärkst beanspruchte Flächenelement mit σ und τ belastet ist, d. h. allgemein bei ebenem Spannungszustand, wird gemessen: bei Geltung der Hypothese von der größten elastischen Gesamtarbeit durch

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}61\,\tau)^2},$$

bei Geltung der Hypothese von der größten Gleitarbeit durch

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}73\,\tau)^2}$$

und bei Geltung der Hypothese von der Größtschubspannung durch

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + (2\,\tau)^2},$$

wo σ_v Vergleichsspannungen von der Art einer Normalspannung sind und äußersten Falles gleich der Zug- (oder Druck-) Streckgrenze sein dürfen; tatsächlich muß eine gewisse Sicherheit $\mathfrak{S}$ gegen Eintritt der Grenze vorhanden sein, die Vergleichsspannung σ_v darf höchstens gleich der zulässigen Anstrengung $k_z = S_{zu} : \mathfrak{S}$ sein. Bei schwingender oder pulsierender Belastung tritt an Stelle der Streckgrenze die Schwingungs- bzw. Ursprungsfestigkeit.

Nach dem Vorgang C. Bachs ist in die obigen Gleichungen ein Anstrengungsverhältnis $a_o = k_z : 1{,}61\ k_d$ bzw. $a_o = k_z : 1{,}73\ k_d$ bzw. $a_o = k_z : 2\ k_d$ als Faktor von τ einzuführen, womit sich die obigen Gleichungen schreiben

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}61\,a_o\,\tau)^2} \quad \text{bzw.} \quad \sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}73\,a_o\,\tau)^2}$$

oder

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + (2\,a_o\,\tau)^2}.$$

Der Faktor a_o soll dem Umstand Rechnung tragen, daß σ und τ nicht immer beide dem gleichen Belastungsfall folgen, so daß — auch bei gleichartigem Werkstoff — diejenige der zwei Spannungen σ und τ, die dem ungünstigeren Belastungsfall folgt, bei Berechnung von σ_v mehr berücksichtigt werden muß. Folgen σ und τ demselben Belastungsfall, so ist bei gleichartigem Werkstoff $a_o = 1$ zu setzen. Für alle anderen vorkommenden Fälle kann a_o bequem einem Schema entnommen werden, das bei anderer Gelegenheit beschrieben werden kann. Bach berücksichtigt mit a_o auch Ungleichartigkeit des Werkstoffes. Der Berichtigungsfaktor a_o der nach bisheriger Auffassung zwischen 0,3 und 3 liegt, kann gegebenenfalls die Festigkeitsrechnung stärker beeinflussen, als die für die Festigkeitshypothesen kennzeichnenden Zahlen 1,61 und 2. Geht man bei ruhender, pulsierender und schwingender Belastung von der statischen Streckgrenze, der Ursprungs- und Schwingungsfestigkeit als maßgebender Beanspruchungsgrenze aus, so liegt die Faktor a_o zwischen viel engeren Grenzen.

Alle die Einzelausführung der Festigkeitsrechnung betreffenden Überlegungen sind leicht durchführbar, wenn man erst über die Festigkeitshypothese einig ist. Vorerst wird es sich empfehlen, mit der Änderung der heute gebräuchlichen Festigkeitsrechnungen noch so lange zu warten, bis weitere Ergebnisse von verschiedenen Seiten vorliegen und Übereinstimmung erzielt ist.

Die Vergleichsspannung σ_v darf höchstens gleich der Spannung an der Beanspruchungsgrenze werden, also in unserem Zusammenhang gleich der Zugstreckgrenze; es ist dann die Sicherheit gegen Fließgefahr $\mathfrak{S} = S_z : \sigma_v$. Wie hoch die Sicherheit in einem bestimmten Verwendungsfall gewählt werden soll, kann nicht eindeutig beantwortet werden. Je genauer man den Werkstoff und seine Grenzanstrengung kennt, je mehr man sich auf gleichmäßige Werkstoffgüte verlassen kann, je klarer man sich darüber ist, welche Anforderungen an den Werkstoff im jeweiligen Verwendungsfall zu stellen sind, je genauer man die Größe der äußeren Belastung kennt und die Beanspruchung vorausberechnen kann — je besser man also die ganze Sachlage beherrscht, desto näher kann man sich an die Beanspruchungsgrenze heranwagen, eine desto kleinere Sicherheit darf man wählen.

Der Klärung bedarf noch die Frage nach der Festigkeit bei pulsierender, d. h. zwischen null und einem Größtwert an- und abschwellender Belastung, nach der sogenannten Ursprungsfestigkeit u bei dem Belastungsfall 2. Nach Wöhler, auf den sich auch Bach stützt, ist das Verhältnis zwischen der statischen Festigkeit oder Tragfestigkeit t zur Ursprungsfestigkeit u und zur Schwingungsfestigkeit s gleich $t : u : s = 3 : 2 : 1$.

Nach Versuchen und Überlegungen Ludwiks ist die Ursprungsfestigkeit gleich der Tragfestigkeit, die bei einem Zugversuch mit unendlich langsamer Belastung auftreten würde. In der „Hütte" ist das Verhältnis $t : u : s = 2 : 1{,}2 : 1$ gesetzt unter Berufung auf Bauschinger. Man sucht neuerdings die Ursprungsfestigkeit aus Versuchen mit Verdrehschwingungswechseln an einem Probestab, der vorgespannt wird, zu ermitteln; Ergebnisse sind noch nicht bekanntgegeben. Die Biegeschwingungsfestigkeit von Stählen beträgt 40 bis 60 vH der Zugfestigkeit, im Mittel 50 vH. Nach Stribeck ist sie 57vH des arithmetischen Mittels aus Zugfestigkeit und Streckgrenze; nach Mailänder und Lehr betragen die Abweichungen ± 20 vH und etwas mehr. Bei Annahme eines festen Verhältnisses zwischen Schwingungsfestigkeit und statischer Festigkeit muß man mit starken Abweichungen rechnen; ein festes Verhältnis, z. B. $t : s = 2 : 1$ ist nur ein Durchschnittswert. Unmittelbare Ermüdungsversuche erscheinen sowohl vom praktischen Standpunkt aus als zur weiteren Aufklärung des Ermüdungsvorgangs und im Hinblick auf die Festigkeitshypothesen dringend nötig.

Zu den Grundfragen der Festigkeitslehre gehört auch die Frage, ob man die zulässige Anstrengung auf Zug, Druck und Biegung gleich oder verschieden annehmen soll, ebenso ob man die zulässige Verdreh- und Schubspannung gleich oder verschieden wählen soll, mit anderen Worten man darauf Rücksicht nehmen soll, daß in einem Zug- oder Druckstab die Spannungen gleichmäßig verteilt sind, daß also ein homogener Spannungszustand vorliegt und daß anderseits bei Biegung, Verdrehung und Schub die Spannungsverteilung ungleichmäßig ist. Im letzteren Falle kommt zunächst nur eine Schicht des Werkstoffes an die Beanspruchungsgrenze, während der übrige Werkstoff weniger beansprucht ist und gleichsam in Reserve steht. Damit hängt es zusammen, daß man bei Biege- und Verdrehversuchen mit Stäben die Streckgrenze höher findet als bei Zug- oder Druckversuchen.

Bei dem Biegebruch an Balken aus sprödem Werkstoff wird zudem, wie Bach gezeigt hat, der in der Nähe der Nullachse gelegene Werkstoff besser ausgenützt, als man gewöhnlich annimmt, ein Umstand, der sich bei verschiedenen Querschnittsformen verschieden auswirkt. Bach setzt daher bei Gußeisen die zulässige Anstrengung auf Biegung größer als die auf Zug und überdies abhängig von der Querschnittsform. Bei Flußstahl wird die zulässige Anstrengung auf Zug, Druck und Biegung gleichgesetzt und unabhängig von der Querschnittsform angenommen, und zwar bei allen drei Belastungsfällen 1 bis 3. Neuere Dauerversuche ergaben dagegen die Zug-Druck-Schwingungsfestigkeit um 10 bis 15 vH höher als die Biegeschwingungsfestigkeit, so daß im Gegensatz zu dem soeben Gesagten die zulässige Biegespannung bei schwingender Belastung kleiner zu wählen wäre als die zulässige Zuganstrengung. Umgekehrt zu verfahren ist also jedenfalls bei Schwingungsbelastung nicht ratsam.

[B1515]

Der Sacksilo

Von E. Lufft, Braunschweig

Das massenhafte Vorkommen von Säcken in Wirtschaftsbetrieben drängte schon immer nach einer Lösung der Frage, wie sie selbsttätig gelagert, ein- und ausgespeichert werden könnten. Jetzt hat man eine Lösung gefunden im sogenannten Sacksilo, der in Venedig seine erste Ausführung erlebte.

Als vor dreißig, vierzig Jahren die Müller anfingen, ihr Getreide nicht mehr auf Bodenspeichern, sondern in Silos zu lagern, da hatte die Stunde der Sackträger, der Kornumstecher und Getreideschaufler geschlagen. Im Silo wurden sie nicht weiter gebraucht und verließen daher den Bau. Sie sind dadurch nicht um Arbeit gekommen, sondern haben sich einer andern zugewandt, die höchstwahrscheinlich weniger anstrengend, weniger staubig und weniger gesundheitsschädlich ist.

Seitdem hat die Silolagerung auf vielen Gebieten Schule gemacht. Man bedient sich dieser menschensparenden Lagerform bei Ölsaaten, Kohlen, Zement, Düngemitteln, Salzen, Sand und vielen andern Schüttgütern. Der Sack, in dem diese Stoffe zumeist gelagert wurden, ist dementsprechend vielfach zurückgedrängt worden, wenn er auch noch nicht entbehrt werden kann, weil die Weiterbeförderung vom Lager zum Verbraucher noch in sehr vielen Fällen auf den Sack als Fördermittel angewiesen ist. Immerhin ist das Bestreben allgemein, von den Säcken loszukommen, weil mit deren Verwendung unweigerlich sehr viel Handarbeit verbunden ist.

Diejenigen Gebiete der Technik, die des Sackes nicht entraten können, haben schon immer den Förderingenieuren die Aufgabe gestellt, ihren Sackverkehr nach Möglichkeit zu mechanisieren. Zur Überwindung wagerechter Entfernungen entstanden so Bandförderer und Lattenförderer und für die senkrechte Förderung Sackelevatoren in mannigfacher technischer Ausbildung. Diese beiden Hauptmaschinen gestatten es, in Verbindung mit geraden oder gewundenen Rutschen, einen Sackbodenspeicher zu mechanisieren und die Zahl der darin beschäftigten Handarbeiter weitgehend zu beschränken. Immer bleibt aber der Betrieb halbautomatisch, indem das letzte Verbringen des Sackes an seinen Lagerplatz, ebenso das spätere Wegholen vom Lager nicht ohne den Zugriff der menschlichen Hand geschehen kann.

Die Säcke werden auf den Böden der Speicher, Schuppen usw. gestapelt, d. h. unter möglichster Ausnutzung des vorhandenen Raumes geordnet niedergelegt. Zwischen den Stapeln werden der Übersichtlichkeit halber, wohl auch wegen der Zugänglichkeit, Gänge gelassen. Die Höhe der Stapel ist nicht gleichgültig; sie hängt ab von der Fähigkeit des Lagergutes, gedrückt zu werden, wohl auch von der Festigkeit des Sackstoffes. Allzu hohe Stapel werden vermieden, selbst wenn der Raum vorhanden ist, wegen der Gefahr des Einsturzes. Diese Arbeiten leisten die Sackträger, deren Arbeit mühsam ist, namentlich wenn die Säcke, wie häufig, ein Gewicht von 100 kg haben. Zu ihrer Entlastung hat man daher außer Bandförderern und Sackelevatoren noch andre Hilfsmittel herangezogen, wie Krane, Winden und Laufkatzen, Sackstapler und Elektrokarren. Diese Mittel stellen samt und sonders nur Behelfe dar, aber nicht eine völlige Lösung des Problems. Die Aufgabe besteht darin, eine Speicherform zu finden, bei der der Sack nicht mehr in Berührung mit dem Rücken, den Knien oder Fäusten des Arbeiters kommt, die also nicht halbautomatisch, sondern vollselbsttätig ist.

Eine beachtenswerte Lösung des Problems ist jedoch nunmehr gefunden; sie sei im nachstehenden näher beschrieben. Es ist gelungen, eine Sackspeicherform auszubilden mit allen kennzeichnenden Eigenschaften des Silos. Wie im Silo das Getreidekorn oder der kleine Salzkristall ohne Zutun der menschlichen Hand bis an seinen Lagerplatz im Innern der Zelle gelangt, und wie er von dort selbsttätig, unter der Wirkung der Schwerkraft allein nach dem Auslauf wandert, um anschließend in den Verkehr zu kommen, so wird der Sack in den Sacksilo von oben eingebracht und nach beliebig langer Zeit der Lagerung unten wieder herausgelassen, ohne daß es dazu mehr als einer aufsichtführenden Person bedürfte.

von der Mühle

Abb. 1 und 2. Sacksilo mit maschineller Einrichtung. Fassung 5670 Sack. M. 1 : 200.

Der Gedanke zum Sacksilo reicht in die Zeit zurück, als in Italien bedeutende Großmühlen errichtet wurden, zumeist von Amme, Giesecke & Konegen in Braunschweig maschinell ausgerüstet, mit Leistungen, die in einigen Fällen bis über 5000 Sack zu je 100 kg täglich hinaus reichten. Die zu diesen Mühlen gehörigen Speicher wurden nicht nur mit Bandförderern und Sackelevatoren ausgerüstet, sondern es kamen auch damals zum erstenmal in Italien die sogenannten Wendelrutschen zur Anwendung, in denen man die Säcke durch alle Stockwerke hindurch senkrecht nach unten befördern kann. Ließ man nun eine solche Wendelrutsche voll laufen, so daß sie von unten bis oben in ganzer Erstreckung mit Säcken angefüllt war, so hatte man eine jederzeit verladebereite bestimmte Menge zur Verfügung,

die, ohne daß Menschen herbeizurufen waren, nach Bahnwagen, Fuhrwerken oder Schiffen abgelassen werden konnte. Solche Wendelrutschen waren z. B. in größerer Zahl in den Mühlen von Livorno und Sampierdarena, Großmühlen von 3000 bzw. 5000 Sack Tagesleistung, welche der Soc. Esercizio Molini in Genua gehören und der Leitung des Grand Uffiziale Ing. Bozano unterstehen, eingebaut.

Es war dann nicht mehr weit, diesen Gedanken auszubauen in dem Sinne, daß, wenn man einen Speicher errichtete, welcher ganz erfüllt wäre mit solchen Wendelrutschen, man dann eine beträchtliche Menge von Mehlsäcken jederzeit zur Verfügung hätte, die selbsttätig, also ohne die übliche Speichermannschaft, zur Verladung gebracht werden konnten. Für die Ausführung dieses Gedankens interessierte sich Dr.-Ing. E. Amme von Amme, Giesecke & Konegen, Braunschweig, jetzt Miag Mühlenbau und Industrie Aktiengesellschaft, der Modelle und Entwürfe ausarbeiten ließ und beabsichtigte, diesen Gedanken möglichst schnell in die Wirklichkeit überzuführen.

Soweit war man schon vor dem Kriege gekommen, doch konnte erst nach Kriegsende zur Verwirklichung geschritten werden, was durch die Mühle Stucky in Venedig geschah, deren Besitzer, Grand Uffiziale Ing. B. Stucky, wie auch dessen Direktor, Würth, sich schnell für den Gedanken begeisterten. Namentlich der letztere, der der technische Leiter dieser allen technischen Neuerungen zugeneigten Großmühle ist, überwand mit zäher Energie die verschiedenen Schwierigkeiten, die sich einer Erstausführung entgegenzustellen pflegen, löste noch offenstehende Einzelfragen, wie Abwurfwagen, Überleitung zu den Einfüllöffnungen, Zugänglichkeit des Siloinnern, und führte den Bau in eigener Regie durch. Der Silo befindet sich nun schon einige Jahre in ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb, ein Zweifel an der Bewährung dieses Systems ist daher kaum noch möglich.

Abb. 1 und 2 geben in Längs- und Querschnitt die in Braunschweig angefertigte Entwurfzeichnung wieder. Das Gebäude ist dabei, abgesehen von dem in Eisenbeton ausgeführten Rampenboden, als ganz in Eisen erbaut gedacht. Natürlich ist auch jede andre Bauweise möglich. Zwölf senkrechte Streben aus Doppel-U-Eisen in Verbindung mit wagerechten Streben, die in vier der Höhe nach gleich verteilten Ebenen angeordnet sind, geben dem Gebäude einen festen inneren Verband und stützen außerdem das gesamte durch das Gewicht der Säcke belastete Rutschensystem. Drei eiserne Galerien sind um das im Grundriß 14 m × 15 m (im Lichten) messende Gebäude herumgeführt. Die Gesamtheit der Rutschen ist in neun Rutschenbündel aufgelöst, von denen jedes 18 übereinander angebrachte Rutschen enthält. Die Neigung der Rutschen nimmt darauf Rücksicht, daß es sich um einen Mehlspeicher handelt, während im Fall eines Zementsackspeichers oder eines solchen für Kaffeesäcke eine geringe Änderung der Neigung angezeigt ist. Die Rutschen bestehen aus Eisenblech. In Mühlenspeichern werden sowohl eiserne wie hölzerne Rutschen angewandt, die ersteren vornehmlich den Vorschriften der Feuersicherheit folgend. Hölzerne Rutschen sind aber weniger empfindlich gegenüber Änderungen in der Luftfeuchtigkeit und gestatten auch dann noch bei flacher Neigung zu fördern, wenn eiserne bereits versagen. Bei dem Speicherbau in Venedig sind denn auch hölzerne Rutschen zur Ausführung gelangt, abweichend von der Entwurfzeichnung, und zwar als Lattenrutschen, so daß an die eingespeicherten Säcke die Luft nicht nur von oben, sondern auch von unten und von der Seite herantreten kann. So oft eine Rutsche auf eine Gebäudewand stößt, erfährt sie durch Einfügung eines Wendestückes eine Wendung von 180°. Die Gesamtlänge jeder Rutsche beträgt etwa 35 m.

Die Säcke werden durch einen unter dem First des Daches hingeführten Bandförderer in den Speicher eingebracht. Der Anfang dieses Bandes liegt unmittelbar neben den Sackpackmaschinen in der Mühle. Ein Abwurfwagen gestattet, die Säcke an jedem beliebigen Punkte der Bandlänge zum seitlichen Ableiten zu bringen. Die Überleitung nach der Einwurföffnung jener

Abb. 3
Wendestücke im Mehlsackspeicher der Mühle Stucky in Venedig.

Rutsche, die gerade beschickt werden soll, kann, wi[e] Abb. 1 und 2 zeigen, über einen kurzen fahrbaren un[d] längsverschieblichen Querförderer erfolgen oder ein[-]facher, und so ist es bei der Ausführung in Venedig ge[-]schehen, durch ein an den Abwurfwagen angesetzte[s] Stück gerader Rutsche. Dann muß allerdings das Längs[-]band höhergelegt werden, damit man im freien Gefäll[e] noch die äußersten Reihen der Einfüllöffnungen er[-]reichen kann.

Die eingefüllten Säcke gleiten die Kehrrutschen hinab, bis der erste am unteren Verschlußschieber seinen Halt findet. Die nachkommenden Säcke bauen sich allmählich bis zum Dachboden auf, worauf der Abwurfwagen auf eine andre Einlauföffnung eingestellt werden muß.

Der Sacksilo wird auf die Weise entleert, daß im Untergeschoß ein fahrbarer Bandförderer, ein sogenanntes Bandelement, in Stellung gebracht wird, um die Entfernung nach dem nächsten Fördermittel, dem Fuhrwerk, der Bahn oder dem Schiff zu überbrücken. Die Geschwindigkeit dieses Bandes ist regelbar, wodurch das gewollte Zeitmaß erzielt wird, in dem die Säcke unten

Abb. 4
Rutschenteile.

austreten sollen. Wird das Band abgestellt, so kommt die Bewegung der Säcke auf den Rutschen augenblicklich zur Ruhe.

Abb. 3 läßt einen Blick in das Speicherinnere des Mehlsacksilos der Mühle Stucky während der Bauzeit tun. Die Außenmauern bestehen aus einem Skelett von Eisenbeton, das mit Ziegelmauerwerk ausgefacht ist. Starke wagerechte Rippen in den Außenwänden ersetzen das innere Strebewerk, wie es weiter oben beschrieben ist. Von dem Rutschensystem sind einstweilen nur die Wendestücke eingebaut, die der einen Stirnseite des Gebäudes angehören. Sie sind nicht aus gepreßtem Blech, sondern aus Holz.

Das gleiche gilt für die anschließenden geraden Rutschenstücke, die im nächsten Bauabschnitt zum Einbau kommen, wie er in Abb. 4 dargestellt ist. Hier sieht man auch, daß senkrecht gestellte Holzlatten mit Querstäben das tragende Mittel abgeben, um die Last der Rutschen mit den in ihnen lagernden Säcken auf die Gründungen herabzuführen. Sowohl die Unterfläche wie die Seitenwangen der geraden Rutschenteile sind aus Latten mit Luftzwischenraum gebildet, so daß die Säcke allseitig von Luft umspült werden. Neben dem selbsttätigen Betrieb darf dem Sacksilo dieser Umstand zum größten Vorteil angerechnet werden. Denn wo immer Sackstapel zur Anwendung kommen, sind Verluste deshalb unvermeidlich, weil der Inhalt der unteren gedrückten Säcke sich erhärtet (Mehl) oder sich erwärmt (Kleie, Mais) oder einen schlechten Geruch annimmt infolge des fehlenden Luftzutrittes.

Die Kosten der Erstellung eines Sacksilos sind zwar größer als die eines unmechanischen oder halbmechanisierten Speichers mit wagerechten Lagerböden. Gleichwohl ist seine Wirtschaftlichkeit gesichert. Zum Vergleich sei der in den Abb. 5 und 6 dargestellte Bodenspeicher herangezogen, der mit Sackelevator und Wendelrutsche ausgestattet ist. Seine Grundmaße und Höhe sind angenähert dieselben wie beim Sacksilo nach Abb. 1 und 2. Er faßt, wenn in sechs Lagen gestapelt wird, 5850 Mehlsäcke von je 100 kg. Dem entspricht ein Ausnutzungsfaktor des umbauten Raumes von 0,31.

Demgegenüber faßt der Silo 5670 Säcke entsprechend dem gleichen Ausnutzungsfaktor von 0,31 wie beim Bodenspeicher. Das Verhältnis zwischen dem zur Lagerung ausgenutzten Raum und dem verbleibenden Luftraum ist also dasselbe, jedoch mit dem sehr beachtlichen Unterschiede, daß jeder Sack über denselben Luftraum verfügt.

Die Baukosten des Bodenspeichers dürften etwa betragen:

Gebäude	105 000 *RM*
Sackelevator, Rutschen . .	15 000 „
	120 000 *RM*

Demgegenüber verlangt ein Silo ungefähr gleicher Fassung einen Aufwand von:

Gebäude	75 000 *RM*
Rutschensystem	85 000 „
Förderbänder, Überleitrutschen	20 000 „
	180 000 *RM*

Der Betrieb des Bodenspeichers kostet jährlich:

Abschreibungen und Ausbesserungen	4 650 *RM*
Elektrischer Strom . . .	1 700 „
Löhne	20 000 „
Kapitalverzinsung	9 600 „
	35 950 *RM*

Dagegen kostet der Betrieb des Sacksilos jährlich:

Abschreibungen und Ausbesserungen	6 500 *RM*
Elektrischer Strom . . .	1 300 „
Bedienungsmann	3 000 „
Kapitalverzinsung . . .	14 000 „
	25 200 *RM*

Der Betrieb des Sacksilos läßt also jährlich rd. 10 000 Mark ersparen. Bei seiner Anwendung ist der einzelne Sack, wenn jährlich 150 000 Sack zur Ein- und Ausspeicherung kommen, wie das etwa bei einer 500-Sack-Mühle der Fall ist, mit 17 ₰ für Transport und Lagerung belastet, während diese Belastung in dem von Handarbeitern bedienten Bodenspeicher auf 24 ₰ steigt.

Unsere Mehlmühlen haben bekanntlich in ihrem Betriebe Fließarbeit angewandt, lange bevor dies Wort erfunden worden ist. Von der ersten Reinigungsmaschine bis zur Sackpackmaschine, die das fertige Mehl versandfähig macht, vollzieht sich alles im ununterbrochenen Arbeitsflusse und ohne das Dazwischenfassen der menschlichen Hand. Die Mühlen waren denn auch die ersten, die diese Arbeitsart ausdehnten nach der Getreideseite hin, indem sie die Beförderung und Lagerung des Getreides mechanisierten und selbsttätig machten durch den Bau von Silos und die Anwendung mittels Saugluft betätigter oder mit Bechern versehener Elevatoren. Die Mühlen werden denn wohl auch die ersten sein, die sich die Vorteile des Sacksilos zunutze machen: ein Hauptvorzug besteht darin, daß dabei die Frage der Frischerhaltung des Mehles ideal gelöst ist. In den drei Jahren des Betriebes des Sacksilos in Venedig ist jedenfalls keine Beanstandung wegen schlecht gelagerten Mehles mehr vorkommen.

Abb. 5 und 6 Aufriß und Grundriß eines vierstöckigen Mehlsackspeichers. Fassung 5850 Sack.

a Sackelevator
b Wendelrutsche

Aber auch alle andern Betriebe mit einem regen Sackverkehr sollten aufmerksam untersuchen, ob nicht für sie der selbsttätige Sackspeicher das Gegebene ist. Sollte es später noch gelingen, die wegführenden Fördermittel, wie Bahnwagen und Schiffe, so auszustatten, daß in ihnen die Stapelung und Entnahme von Sackware selbsttätig erfolgt, so wäre der Sackverkehr auf die gleich hohe Stufe gebracht, wie wir sie bei den wichtigsten Schüttgütern schon lange erreicht haben. [B 1540]

Das Zeitalter des Hochdruckdampfes

Von Prof. Dr. St. Löffler, Charlottenburg

(Schluß von S. 1509)

Kohlenstaubfeuerung

Die weitere Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung wird die Bestrebungen der Hochdruckdampftechnik sehr unterstützen. An manchen Mißerfolgen der Kohlenstaubfeuerungen, die wieder zur stärkeren Verwendung der Rostfeuerung veranlassen sollen, können nur grobe Fehler im Bau und Betrieb der Mahlanlagen und Brenner schuld sein. In meinem Aufsatz „Energiewirtschaft und Hochdruckdampfbetrieb“[6]) sind die Bedingungen angegeben, denen neuzeitliche Kohlenstaubfeuerungen entsprechen sollen, und die neuerliche Entwicklung geht die dort gewiesenen Wege: Möglichst vollkommene Mischung der gesamten zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge mit dem Kohlenstaub vor der Verbrennung, also schon im Brenner, Schaffung eines hohen Wärmezustandes an der Brennstelle im Feuerraum, insbesondere durch weitgehende Luftvorwärmung, rasche Abstrahlung der Wärme durch unmittelbar im Feuerraum angeordnete Heizflächen. Bei den Mühlen ist vor allem wirksame Windsichtung anzuwenden, die für rasche Abführung des genügend fein gemahlenen Staubes sorgen muß, um die aufzuwendende Mahlleistung zu verkleinern.

Solche Kohlenstaubfeuerungen sind auch praktisch mehrfach mit Erfolg erprobt worden. Ihre Brennwirkung unterscheidet sich nicht von der einer guten Gasfeuerung Der Luftüberschuß kann dabei so weit verringert werden, daß ungewöhnlich hoher CO_2-Gehalt der Abgase erzielt wird.

Mit dem Ziele, die Nebeneinrichtungen der Kohlenstaubfeuerung (Brennstoffzuführung und -regelung) zu vereinfachen und die Wirkung der neuen Strahlungskammer beim Dampfumwälzverfahren mit verschiedenen Brennstoffen zu untersuchen, wurde in Witkowitz die in Abb. 33 dargestellte Versuchsbrennkammer mit angeschlossenem Lufterhitzer erbaut, die mit Dampf des im Betriebe befindlichen Hochdruckkessels gespeist werden soll. Im Zwischenkanal der Brennkammer und des Lufterhitzers kann den Feuergasen Kaltluft beigemischt werden, um ihre Temperatur vor Eintritt in den Lufterhitzer zu regeln. Die Lufterhitzung soll dabei auf sehr hohe Werte (bis etwa 500 °) gesteigert werden. Die in kurzem beginnenden Versuche werden wertvolle Anhaltpunkte für Vereinfachung von Kohlenstaubfeuerungen ergeben.

Durch mangelhafte Ausbildung der Feuerräume, Brenner und Mahlvorrichtungen bei verschiedenen Kohlenstaubkesseln hervorgerufene Störungen haben in letzter Zeit manche Hersteller und Benutzer von Dampferzeugern zur Auffassung geführt, daß man auch bei großen Kesseln in Zukunft wieder zur Rostfeuerung zurückkehren solle. Das wäre ein Rückschritt, der mit dem Streben nach einer rasch und sicher allen Belastungen sich anpassenden, zwangläufig regelbaren und wirtschaftlichen Feuerwirkung nicht vereinbar wäre. Man kann es wohl verstehen, wenn bei kleinen Einzelkesseln von Kohlenstaubfeuerung abgesehen wird, weil die Mahleinrichtungen erhebliche Mehrkosten bedingen. Aber bei Riesenkesseln auf die alte, schwerfällige Rostfeuerung zurückzugreifen, deren große Roste nur mit besonderen Schwierigkeiten gleichmäßig zu beschicken und dauernd in richtigem Brand zu erhalten sind, wäre unbegreiflich. Gute Anpassung der Feuerwirkung an die veränderlichen Betriebsbedingungen wird bei Rostfeuerung nie so rasch und zuverlässig möglich sein wie bei Kohlenstaubfeuerungen, die auch höhere Luftvorwärmung zulassen und besseren Kesselwirkungsgrad namentlich bei Teilbelastungen ergeben. Der Mehraufwand für das Vermahlen der Kohle kann dadurch schon in verhältnismäßig kurzer Betriebzeit getilgt werden.

Eigenartige Anschauungen herrschen heute noch über Verbrennung mulmiger, grubenfeuchter Braunkohle. Solche Kohle wurde bisher auch in größten Kesseln nur auf Treppen- oder Muldenrosten ohne vorherige Trocknung verbrannt, ein Verfahren, das mit den geringen Kohlenkosten begründet wird. Man behauptet, daß schon die geringste Verwicklung der Anlage durch eine Kohlenstaubfeuerung die Wirtschaftlichkeit der Dampferzeugung wesentlich verschlechtern würde.

6) Z. Bd. 70 (1927) S. 439

Abb. 33
Versuchsbrennkammer für Kohlenstaub.

Das ist aber kein genügender Grund, die bisherigen Feuerungen beizubehalten, bei denen man während der Verbrennung zugleich den hohen Wassergehalt der Kohle austreiben muß. Hierdurch wird der Kesselwirkungsgrad verschlechtert und die erforderliche Heizfläche beträchtlich vergrößert. Dies zeigt sich namentlich bei Hochdruckanlagen, wo mit Vergrößerung der Heizflächen die Baukosten der Dampferzeuger so hoch werden, daß sich schon bei verhältnismäßig kleinen Kesseln der Mehraufwand für Trocknung und Vermahlung bezahlt macht.

Die maßgebenden Verhältnisse sind für eine Hochdruckanlage mit fünf Kesseln für je 40 t/h rechnerisch untersucht worden, in denen grubenfeuchte Braunkohle von rd. 2200 kcal/kg und 50 vH Feuchtigkeit verbrannt werden soll. Abb. 34 zeigt schematisch bei Verwendung von

Dampfumwälzkesseln für drei Fälle: A) Verbrennung von grubenfeuchter Kohle auf Rosten, B) Verbrennung von (bis auf 10 vH Feuchtigkeit) getrockneter Kohle auf Rosten und C) Verbrennung von Kohlenstaub aus vorgetrockneter Kohle, die maßgebenden Verhältnisse.

Die erforderlichen Heizflächen eines Kessels sind in dem auf der rechten Seite der Abbildung stehenden Diagramm angegeben. Man erkennt, daß der Kohlenstaubkessel (Fall C) fast nur halb so große Heizfläche braucht als der Kessel im Fall A, obwohl bei C doppelt so hohe Luftvorwärmung vorgesehen ist. Danach sind auch die Raumverhältnisse zu beurteilen, die im Falle C bei weitem am günstigsten sind, auch wenn man die Vortrocken- und Mahlanlage mitberücksichtigt.

Bei Braunkohle genügt es, auf etwa 10 vH Feuchtigkeit vorzutrocknen. Trotzdem wird die aufzuwendende Mahlleistung geringer als bei Steinkohle, so daß auch die Kosten für Vortrocknung und Vermahlung bedeutend niedriger werden. Alle diese Einflüsse führen zu dem Ergebnis, daß es bei Hochdruckdampfbetrieb betriebstechnisch und wirtschaftlich vorteilhaft ist, getrocknete und gemahlene Braunkohle in Kohlenstaubfeuerungen zu verbrennen. Hat die Braunkohle ausreichend hohen Teergehalt (schon etwa 4 vH genügen), dann ergibt Verschwelung und Verstaubung des Halbkokses noch eine wesentliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, da man den Teer für Ölgewinnung verwerten kann[7]).

Die Reichsbahnverwaltung macht ernstliche Versuche, die Kohlenstaubfeuerung auch im Lokomotivbetriebe einzuführen; sie hat bereits günstige Ergebnisse erzielt, die eine brauchbare Lösung auch auf diesem besonders schwierigen Gebiet erwarten läßt. Wesentlich leichter als auf der Lokomotive läßt sich die Kohlenstaubfeuerung auf Schiffen anwenden, da hier genügend Raum vorhanden ist und das Mehrgewicht keine so wichtige Rolle spielt.

Abb. 34
Gegenüberstellung von Dampfumwälzkesseln bei Verwendung von:
A Muldenrostfeuerung für grubenfeuchte Kohle,
B Wanderrostfeuerung für getrocknete Kohle,
C Kohlenstaubfeuerung.

Zwischenüberhitzung

Hochdruckdampfbetrieb, besonders mit Dampfturbinen, ist nur möglich, wenn man an geeigneten Stellen den teilweise entspannten Dampf nochmals überhitzt, weil sonst in den Niederdruckstufen der Turbine zu nasser Dampf entsteht, der die Turbinenschaufeln gefährlich beansprucht. Schon bei rd. 40 at Betriebsdruck ist es daher zweckmäßig und notwendig, Zwischenüberhitzung anzuwenden, um so mehr aber bei Drücken über 100 at, wo man bei unzureichend hoher Temperatur sogar zu zweifacher Zwischenüberhitzung gezwungen ist.

Über den wärmewirtschaftlichen Wert der Zwischenüberhitzung waren die Ansichten lange Zeit geteilt. Heute ist man überzeugt, daß neben dem rein betriebstechnischen Wert der Zwischenüberhitzung auch ein Wärmegewinn von etwa 5 bis 10 vH erreicht werden kann[8]). Zur Zwischenüberhitzung bei Hochdruckdampf eignet sich am besten der Hochdruckdampf selbst, von dem man kurz vor der Turbine einen Teil abzapft. Hierbei ergeben sich bei verschiedenen Betriebsdrücken eigenartige Zusammenhänge.

Es sei vorausgesetzt, daß in allen Fällen bei einem Kondensatordruck von 0,08 at noch 7 vH Feuchtigkeit zugelassen werden können, und daß bei höherer Feuchtigkeit Zwischenüberhitzung angewendet werden muß. In Abb. 35 ist für Drücke von 40 bis 200 at die Temperatur t des Betriebsdampfes aufgetragen, wobei angenommen wurde, daß sie bis zu 100 at von 400 auf 450° ansteigt und für höhere Drücke konstant bleibt. Der thermische Wirkungsgrad einer Turbine ist unter sonst gleichen Umständen um so

[7]) Z. Bd. 71 (1927) S. 438.

[8]) Kraft, Z. Bd. 70 (1926) S. 348.

Abb. 35 bis 37
Vergleichsgrößen für Zwischenüberhitzer.

t Frischdampftemperatur
p_1 Zwischenüberhitzungsdruck
t_1 Zwischenüberhitzungs-Endtemperatur
W_1 aufgenommene Wärme für 1 kg Dampf
W_2 abgegebene Wärme für 1 kg Dampf

$D = \frac{W_1}{W_2}$ Heizdampfmenge für 1 kg Dampf
F Überhitzerheizfläche
k Wärmedurchgangszahl
α Wärmeübergangszahl
b Beiwert für α

w Niederdruckdampf-Geschwindigkeit
f Querschnitt für Niederdruckdampf
l Durchströmlänge
r Raumbedarf
ϱ spezifischer Raumbedarf

Abb. 38
Schema eines Zwischenüberhitzers.
N N Niederdruckdampf *H H* Hochdruck- (Heiz-)Dampf

günstiger, je größer das arbeitende Dampfvolumen ist. Wird für eine mittlere Turbinengröße vorausgesetzt, daß bis zu einem spezifischen Volumen des Dampfes von 0,1 m^3/kg ein thermodynamischer Wirkungsgrad von 65 vH, bis zu 0,3 m^3/kg 70 vH, bis zu 1 m^3/kg 75 vH und über 1 m^3/kg 80 vH erreicht werden kann, dann lassen sich aus der JS-Tafel die Drücke p_1 bestimmen, die bei der Entspannung vom Betriebsdruck p aus auf die Sättigungslinie des Dampfes erreicht werden.

Bei diesen Drücken p_1 soll der Dampf in einem Zwischenüberhitzer auf eine so hohe Temperatur t_1 gebracht werden, daß er bei seiner weiteren Entspannung auf 0,08 at abs 7 vH Wasser enthält. Der Unterschied im Wärmeinhalt des Dampfes bei diesen Temperaturen t_1 und an der Grenzkurve ergibt die Wärme W_1, die 1 kg des Arbeitsdampfes im Zwischenüberhitzer zuzuführen ist. Diese Wärmemenge wird einem Teil des Frischdampfes entnommen, der im Zwischenüberhitzer nicht nur seine Überhitzungs- und Verdampfungswärme bis zur Kondensation, sondern auch noch einen Teil seiner Flüssigkeitswärme abgeben soll, bis das Kondensat jeweils um 50 ° wärmer als der eintretende Niederdruckdampf aus dem Zwischenüberhitzer fließt.

W_2 ist die Wärmemenge, die 1 kg Frischdampf im Zwischenüberhitzer abgibt, und das Verhältnis von W_1 zu W_2 ergibt das Gewicht D an Frischdampf, das erforderlich ist, um 1 kg Arbeitsdampf bei p_1 auf t_1 zu überhitzen. Diese Dampfmenge steigt mit dem Druck stark an.

Die notwendige Überhitzerheizfläche F, Abb. 36, ergibt sich allgemein aus der überzuführenden Wärmemenge W_1 durch $F = \frac{W_1}{k \Delta t}$, worin Δt das mittlere Temperaturgefälle zwischen Hochdruckdampf (im Mittel Sattdampftemperatur) und Niederdruckdampf ist. Die Wärmedurchgangszahl k unterscheidet sich von der Wärmeübergangszahl α zwischen Rohr und Niederdruckdampf nur sehr wenig. Nach Versuchen von Nußelt ist angenähert $\alpha = b\, w^{0,8}$, wobei b von Druck und Temperatur des überhitzten Niederdruckdampfes abhängt. Der Berechnung sind die dargestellten Werte von b zugrunde gelegt. Die Geschwindigkeit w ergibt sich aus dem Druckabfall, der für die Strömung des Niederdruckdampfes im Zwischenüberhitzer zugelassen wird.

Für die überschlägige Berechnung ist dieser Druckabfall so groß angenommen, daß sich bei allen Betriebsdrücken etwa die gleiche Entropiezunahme ergibt, was mit großer Annäherung dann der Fall ist, wenn das Produkt $w^2 \gamma$ für die Strömung des Niederdruckdampfes im Zwischenüberhitzer konstant erhalten wird. Dabei ist w die mittlere Geschwindigkeit des Niederdruckdampfes im Zwischenüberhitzer und γ das mittlere spezifische Gewicht. Läßt man z. B. bei 6 at eine mittlere Geschwindigkeit $w = 65$ m/s zu, dann ist bei einem spezifischen Gewicht $\gamma = 2{,}77$ kg/m^3, entsprechend den Temperaturen des Niederdruckdampfes zwischen 158 und 260 °, $w^2 \gamma = 11\,600$, und man kann nunmehr die Geschwindigkeiten und Wärmeübergangszahlen für andre Betriebsdrücke auftragen. Die Werte von k sind etwas kleiner als a angenommen worden. Damit ergeben sich die Heizflächen F des Zwischenüberhitzers, die ebenfalls mit dem Druck stark zunehmen.

In Abb. 37 sind für die verschiedenen Werte von w und γ die notwendigen Querschnitte f für den Niederdruckdampf aufgetragen. Die erforderliche Durchströmlänge l des Zwischenüberhitzers ist dann den Heizflächen F direkt und den Querschnitten f umgekehrt proportional. Setzt man zum Vergleich die Länge l für 120 at Betriebsdruck gleich 1, dann zeigt die Linie l die Rohrlängen für die andern Betriebsdrücke. Der Raumbedarf r des Zwischenüberhitzers kann dann ungefähr proportional l und f angenommen werden. Setzt man wiederum für 120 at $r = 1$, dann zeigt die Linie r den Raumbedarf des Zwischenüberhitzers für die andern Betriebsdrücke.

Wie hoch der Aufwand für die Zwischenüberhitzung im Vergleich zu ihrem Nutzen ist, kann man ungefähr mit Hilfe der Größe ϱ beurteilen, die den Raumbedarf des Zwischenüberhitzers für die dem Niederdruckdampf zugeführte Wärmeeinheit darstellt. Dieser spezifische Raumbedarf hat bei den gemachten Annahmen zwischen 130 und 160 at einen Kleinstwert, so daß geschlossen werden kann, daß gerade für diese Drücke sich die Zwischenüberhitzung am wirtschaftlichsten ausführen läßt.

Für die Wirtschaftlichkeit der Zwischenüberhitzung ist auch die Bauart des Überhitzers besonders wichtig. Die üblichen Zwischenüberhitzer, Abb. 38, sind größere zylindrische Behälter für den Niederdruckdampf mit eingebauten Rohrschlangen, durch die der Hochdruckdampf

Abb. 39 bis 42
Röhrenzwischenüberhitzer der Witkowitzer Anlage.

geleitet wird. Naturgemäß ist die Strömung in einem derartigen Zwischenüberhitzer wenig zweckmäßig, und es ist begreiflich, daß er unverhältnismäßig viel Rohrgewicht und Raum beansprucht.

Bei der Witkowitzer Anlage wird daher der in Abb. 39 bis 42 dargestellte Zwischenüberhitzer verwendet. Der Niederdruckdampf fließt durch Rohrschlangen, und im Gegenstrom dazu von oben nach unten bewegt sich auch der Hochdruckdampf durch je zwei Rohrschlangen, die innerhalb der Niederdruckschlangen eingebaut sind. Je vier Schlangengruppen von gleicher Heizwirkung werden in einem Zwischenüberhitzerkörper parallel geschaltet. Ihre verschiedenen Höhen sind durch die gleiche Heizwirkung bedingt. Um 70 t/h von 15 at und 220 ° auf 340 bis 360 ° zu überhitzen, braucht man zwei solche Zwischenüberhitzerkörper der angegebenen Abmessungen.

Abb. 43 und 44. Hochdruck-Gegendruckmaschine für 120 auf 12 at, 480 ° Überhitzung, 400 kW Leistung bei 300 U/min (Wiener Lokomotiv-Fabriks-A.-G., Wien-Floridsdorf).

Abb. 45 und 46. Ansichten der Hochdruck-Gegendruckmaschine.

Abb. 47 bis 49 Indikatordiagramme der Hochdruck-Gegendruck-maschine.

p_i = 41,8 at — p_i = 14,8 at — p_i = 4,8 at

Dampfmaschinen

Es gab eine Zeit, da führte man als Grund für die langsame Entwicklung des Hochdruckdampfbetriebes an: Kraftmaschinen für hohen Druck könne man wohl schon betriebsicher ausbilden, aber der geeignete Hochdruckkessel fehle noch. Heute könnte man beinahe umgekehrt sagen und fragen: Der Hochdruckkessel, mit dem man höchste Drücke und höchste Temperaturen beherrschen kann, ist vorhanden, wo aber bleiben die Hochdruck-Dampfmaschinen?

Noch vor gar nicht langer Zeit war es schwer, ein verbindliches Angebot auf eine Dampfturbine zu erhalten, die Dampf von mehr als 40 at und — was noch wichtiger ist — über 400° verarbeiten sollte. Heute hat man gelernt, auch Temperaturen über 500° in Turbinen sicher zu beherrschen, wenn trockener, reiner Dampf geliefert wird. Denn nicht die hohe Temperatur ist es, die den Schaufeln der Turbine so verhängnisvoll wird, sondern das mitgerissene Wasser und die Verunreinigungen des Dampfes, welche die Turbinenschaufeln zerfressen. Daher wirken auch Überhitzungsregler, die auf Beimischen von Sattdampf oder gar Einspritzung von Wasser beruhen, in hohem Grade schädlich. Bei reinem, trockenem Dampf könnte man noch höhere Temperaturen als 500° in den ersten Hochdruckrädern sicher beherrschen, wenn man für diese Räder und ihre Schaufeln hitzebeständige Werkstoffe verwendet, die den Preis nur unmerklich erhöhen.

Bei kleinen Dampfmengen werden aber die Schaufeln der Hochdruckräder so kurz, daß der Spaltverlust den thermodynamischen Wirkungsgrad auf weniger als 70 vH herabdrückt. Daher ist bis zu Leistungen von rd. 3000 kW die Kolbenmaschine, die Wirkungsgrade bis zu 90 vH erreichen läßt, eine aussichtsreiche Hochdruckdampfmaschine. Für die Betriebsanlage der Wiener Lokomotiv-Fabriks-A.-G. ist deshalb eine Zweizylinder-Kolbenmaschine als Antriebsmaschine gewählt worden. Man ha[t] zunächst nur einen Zylinder ausgeführt und in Betrie[b] gesetzt, um Erfahrungen über Bau und Betrieb so hoc[h] beanspruchter Maschinen zu sammeln.

Abb. 43 und 44 zeigen den Aufbau der schon sei[t] mehreren Monaten laufenden stehenden, doppeltwirkende[n] Einzylindermaschine, die bei 300 U/min, 120 at Betriebsdruck, 480° Dampftemperatur am Zylinder und 12 at Gegendruck ungefähr 600 PS größte Leistung ergeben soll. Die Aufnahmen der Maschine, Abb. 45 und 46, zeigen deutlich die geschlossene einfache Bauart. Alle wesentliche[n] Triebwerks- und Steuerteile sind eingekapselt. Die wichtigsten Betriebsgrößen der Maschine können an eine[r] Schalttafel abgelesen werden, die die Anzeigegeräte fü[r] Drücke und Drehzahlen sowie für die Temperaturen de[s] Dampfes, der Lager, des Schmieröls usw. enthält.

Als Steuerteile dienen einfache Tellerventile, die sich bisher ausgezeichnet bewähren. Bei so hohen Betriebsdrücken kann man beträchtliche Drosselverluste in den Einlaßventilen zulassen, so daß sie kleine Abmessungen erhalten. Die im Bau befindliche Hochdrucklokomotive erhält auf Wunsch der Reichsbahnverwaltung Kolbenschiebersteuerung, die gegenwärtig auf dem Prüfstand erprobt wird.

Abb. 47 bis 49 sind Diagramme der Wiener Maschine bei verschiedenen Belastungsstufen. Man sieht, daß man es hier mit einer Kraftmaschine zu tun hat, die mit mehr als 40 at mittlerem Druck betrieben wird, gegenüber etwa 8 at bei Dieselmaschinen. Bedenkt man noch die hohe Dampftemperatur von über 450°, so wird man zugeben, daß hier schwierige Bedingungen zu erfüllen waren. Die Regelung besorgt ein feinfühliger, mittelbar wirkender hydraulischer Regler, ähnlich den bei Wasserturbinen verwendeten. Die Maschine läuft auch bei kleinen Belastungen so ruhig und erschütterungsfrei, daß es unbedenklich erscheint, sie auch im Schiffbetrieb einzuführen.

Füllung 10 vH
730 at
650⌀
240⌀
100
75
50
25
5 vH
Füllung 7 vH
10 vH
indiz. Leistung 1000 PS
n = 250 U/min
430 mm Hub

Abb. 50
Schema und Diagramm einer Hochdruck-Kondensationsmaschine mit dreifacher Dampfdehnung.

730 at
Füllung 22 vH
6,5 vH
760⌀
340⌀
700⌀
100
75
50
25
Füllung 18 vH
7 vH
indiz. Leistung 1000 PS
n = 250 U/min
430 mm Hub
10 vH
Füllung 20 vH

Abb. 51
Schema und Diagramm einer Hochdruck-Kondensationsmaschine mit dreifacher Dampfdehnung.

Zwischenüberhitzer
Entöler
Kolbendampfmaschine 2000 kW
Dampfturbine 3000 kW

Abb. 52
Hochdruck-Kolbendampfmaschine mit Niederdruckturbine.

Die an der Wiener Maschine bisher durchgeführten Versuche berechtigen zu der Hoffnung, daß die Kolbendampfmaschine in der Zukunft wieder eine wichtige Rolle in kleinen und mittleren Kraftwerken, sowie im Schiffs- und Lokomotivbetriebe spielen wird. Sie kommt namentlich auch als Vorschaltmaschine für Gegendruckbetriebe in Betracht.

Als Kondensationsmaschine eignet sich vor allem die dreistufige Bauart. Bei zwei Stufen (Zwischendruck etwa 12 at bei 130 at Anfangsdruck) darf man nur sehr kleine Füllungen anwenden, wenn der Wirkungsgrad günstig sein soll, was aber sehr feinfühlig wirkende Steuerungen erfordert. Besser liegen die Verhältnisse bei drei Stufen (Zwischendrücke etwa 25 und 4 at), die auch günstigere thermische Ausnutzung und kleinere Abmessungen, namentlich des Hochdruckzylinders, ergeben.

Aus Abb. 50 und 51 sind besonders die kleinen Abmessungen der Hochdruckzylinder zu erkennen, die meistens aus dem vollen Stahlblock herausgearbeitet werden müssen. Für größere Leistungen wird wiederum der Niederdruckzylinder sehr umfangreich. Es ist dann zweckmäßiger, nur in zwei Stufen zu entspannen und die Niederdruckstufe als Dampfturbine auszuführen, Abb. 52. Dann muß man aber Entöler und Zwischenüberhitzer einschalten. Eine solche Gruppe, bestehend aus einer Dreizylinder-Kolbenmaschine von 2000 kW und einer bei 25 at Zwischendruck angeschlossenen Niederdruck-Dampfturbine von 3000 kW, ergibt hohen thermodynamischen Wirkungsgrad bei günstigen Raumverhältnissen.

Für größere Leistungen kommt als Hochdruckmaschine nur die Dampfturbine in Frage, die sich bei größeren Dampfmengen allen Anforderungen mit günstigem thermodynamischen Wirkungsgrad anpassen läßt. Bei ihrer Ausbildung ist besonders darauf zu achten, daß die Dampfwege auch in den Leitapparaten sorgfältig bearbeitet werden. Dann kann man auch mit wenigen Stufen und Gehäusen ausreichend gute Wirkungen in billigen Maschinen erreichen.

Abb. 53 zeigt den Gesamtaufbau der von der Ersten Brünner Maschinenfabriks-A.-G. für die Witkowitzer Steinkohlengruben gelieferten Hochdruckturbine, die bei 120 at und 500° 18 000 kW im Kondensationsbetriebe leisten soll. Bis jetzt steht nur ein kleinerer Teil des Dampfes zur Verfügung, der in einem Dampfumwälzkessel von rd. 15 t/h Leistung erzeugt wird. Die für Vollbetrieb noch erforderliche Dampfmenge soll von den im Bau befindlichen beiden Kesseln von je 50 t/h Höchstleistung geliefert werden. Doch hat schon der bisherige Betrieb der Turbine gezeigt, daß sich sowohl der hohe Druck als auch die hohen Temperaturen sicher beherrschen lassen.

Inzwischen hat man auch an andern Stellen Erfahrungen mit Turbinen bei hohen Drücken und Temperaturen gemacht[9]), die keinen Zweifel daran lassen, daß solche Turbinen betriebsicher und wirtschaftlich arbeiten und auch ihre Herstellungskosten nur unwesentlich mit dem Druck ansteigen. Berücksichtigt man außerdem, daß die Rohrleitungen und Armaturen bei Hochdruckanlagen kleinere Abmessungen erhalten und infolgedessen billiger werden, so sind beim Übergang von Mitteldruck- zu Hochdruckanlagen keine nennenswert höheren Anlagekosten zu erwarten. Jedenfalls bietet dieser Übergang größere Vorteile als der bereits vollzogene Sprung von etwa 15 auf 35 at.

Zusammenfassung und Ausblicke

Nach dem heutigen Stande der Erkenntnis wird die Energiewirtschaft der nächsten Zukunft auf Hochdruckdampfbetrieb und auf Verteilung der Energie in Form von elektrischem Strom für die meisten menschlichen, insbesondere technischen Zwecke aufgebaut werden. Wirtschaftlicher Betrieb verlangt die Vereinigung von Kraft- und Heizwerken, also zunächst Stromerzeugung im Gegendruck-Dampfbetrieb und Verwendung des Abdampfes zum Heizen, Kochen, Trocknen und für andre Wärme erfordernde Zwecke.

Wichtig ist Schaffung von Abdampfbedarf, der sich möglichst gleichmäßig über das ganze Betriebsjahr erstreckt, also namentlich auch im Sommer vorhanden ist. Dies kann durch Angliederung geeigneter Industrien erreicht werden, die nur zeitweise arbeiten, wie Zuckerfabriken, Wäschefabriken, chemische Industrien, und besonders durch Verbindung mit der Kältetechnik.

Das Bedürfnis nach Kühlmitteln und Kaltlufträumen wird zunehmen. Namentlich in Großstädten wird man neue Häuser genau so mit Zentralkühlanlagen für die Sommermonate versehen, wie heute mit Zentralheizungen für den Winter. Abdampf kann auch zur Kälteerzeugung dienen, so daß sich auch im Sommer ein guter Belastungsfaktor für vereinigte Kraft- und Heizwerke erreichen läßt.

Einen Teil der Anlage müßte man als reines Kondensationskraftwerk bauen, um einen guten mittleren Belastungsfaktor und wirtschaftliche Ausnutzung der Brennstoffwärme zu erzielen.

Hochdruck und Hochtemperatur verlangen möglichst vollkommenen und beherrschbaren Betrieb. Die alten Dampferzeuger lassen sich wohl durch Verstärken der Wände auch für sehr hohe Drücke verwendbar machen, aber sicheren und jederzeit zwangläufig beherrschbaren

[9]) Noack, Z. Bd. 70 (1926) S. 711; Gleichmann, Z. Bd. 72 (1928) S. 1037.

Abb. 53
Hochdruck-Dampfturbine der Witkowitzer Bergbau- und Eisenhüttengewerkschaft in Witkowitz. 120 at höchster Druck, 500° höchste Temperatur.

Betrieb kann man nur durch neue Verfahren erreichen. Diese gestatten bei Hochdruck gleichmäßige Erzeugung und Erhaltung höchster Temperaturen des Dampfes, die für größte Wirtschaftlichkeit unerläßlich sind.

Bei Verwendung von Kohle als Brennstoff ist besonders die Kohlenstaubfeuerung geeignet, die Feuerwirkung genau zu beherrschen. Die Mehraufwendungen für Trocknung und Vermahlung der Kohle werden durch die bessere Wärmeausnutzung, namentlich bei Teilbelastungen, durch die geringeren Verluste beim Inbetriebsetzen und die rasche Regelwirkung bei Lastschwankungen hereingebracht.

Allerdings sind bei Staubfeuerungen die Mahlvorrichtungen noch sehr teuer, weil auf diesem Gebiet anscheinend noch zuviel herumprobiert und zu wenig konstruiert wird. Wenn sich mit fortschreitender Erfahrung erst die Anschauungen gefestigt haben und Reihenfertigung möglich geworden ist, dann werden auch die Kosten sinken.

Schwere Fehler wurden bei Einführung der Kohlenstaubfeuerung dadurch begangen, daß vielfach die Feuerräume unabhängig vom zugehörigen Kesselaufbau entwickelt und den Kesseln wahre Backöfen vorgebaut wurden. Die hohen Flammentemperaturen mußten dann durch teure Schamotteauskleidungen und künstliche Kühlung der Wände unschädlich gemacht werden. Später hat man Verdampfer oder Überhitzer unmittelbar an den Feuerraumwänden angeordnet, aber ohne richtigen Zusammenhang mit dem Gesamtkesselaufbau.

Kohlenstaubfeuerung und Kesselaufbau müssen aber organisch zusammenpassen, wenn sicherer Betrieb und wirtschaftliche Gesamtwirkung erzielt werden soll. Wärmestauende Schamottemassen erschweren rasche Inbetriebsetzung und Regelung. Vermeidet man sie, dann kann man Speicher für zeitweise überschüssig erzeugte Dampfwärme entbehren. Die aufgestapelte Kohle übernimmt dann die Rolle des Wärmespeichers, was einfacher und billiger ist.

Wenn erst die Eigenschaften des Kohlenstaubes, seine wirtschaftliche Erzeugung in einfachen, betriebsicheren Mühlen mit Windsichtung und die Bedingungen für einfache und sichere Lagerung und Förderung besser erkannt sein werden, dann wird man wohl mit mehr Zuversicht an die unmittelbare Erzeugung des Kohlenstaubes auf den Kohlengruben herangehen. Das kann wesentliche Vereinfachungen im Grubenbetrieb ergeben, da dann die bisher notwendige Scheidung der Kohle in verschieden große Stücke wegfallen kann.

Durch weitgehende Zusammenfassung von Kraft- und Heizbetrieb können die Stromkosten wesentlich herabgesetzt werden, so daß sich die Benutzung elektrischen Stromes stark steigern wird. Schon heute nimmt seine Verwendung ständig zu, nicht nur weil sie sehr bequem und sicher ist, sondern auch weil sich die Glüh- und Heizwirkung des Stromes unmittelbar an der gewünschten Stelle wirksam und wirtschaftlich entwickeln läßt.

Dauerheizung bei mäßigen Temperaturen, wie z. B. bei Wohnräumen, wird man in Zukunft durch Abdampf bewirken, während man zeitweilige und örtlich kräftige Heizung bei hohen Temperaturen mit elektrischem Strom durchführen wird. Die Verteilung von Gas an Wohnräume dürfte daher in Zukunft abnehmen. Das elektrische Kochen und Braten wird sich immer mehr einbürgern, und auch auf diesem Gebiete, wie auf dem der Beleuchtung, wird der elektrische Strom vorherrschen. Damit wird eine weitere Gefahrenquelle aus menschlichen Wohnstätten entfernt.

Die Ferngasversorgung ist keine Angelegenheit einzelner Industriekreise, sondern der Allgemeinheit. Allerdings wäre es auch heute wertvoll, für die großen Abgasmengen, die bei der Kokserzeugung für die Hüttenwerke anfallen, eine günstige Verwendung zu schaffen. Aber selbst wenn das Gas gar nichts kostete, müßte man seine Verteilung mittels einer kostspieligen und gefährlichen Fernleitung im Interesse der Allgemeinheit ablehnen.

Abgesehen davon, daß die Fortleitung des Gases große Leistungen und teure Leitungen erfordert, dürfte der Umstand, daß Störungen, Undichtheiten und Brüche der Leitung gefährlich werden können, von der Ausführung solcher Pläne abschrecken.

Schon heute stellt man Stahl in elektrischen Öfen her, die eine gleichmäßige und beherrschbare Stahlerzeugung ermöglichen. Große elektrische Wärm- und Glühöfen sind auf den verschiedensten Gebieten der Technik in Gebrauch, und die Vorzüge der beherrschbaren elektrischen Heizung, ihre Reinlichkeit und Bequemlichkeit sind allgemein anerkannt. Warum soll sich nicht auch eine elektrische Roheisenerzeugung entwickeln, wenn erst der elektrische Strom bei Hochdruckdampfbetrieb wesentlich billiger erzeugt werden kann als heute?

Dann wird man aber nur einen Bruchteil des Kokses brauchen, mit dem heute die Hochöfen beschickt werden, oder gar Kohlenstoff anderer Form zur Roheisenerzeugung verwenden. Das für die Ferngasversorgung nötige Gas müßte man dann in Schwelöfen besonders erzeugen, wobei große Mengen von Koks als Abfall entstehen würden.

Bis es soweit ist, muß allerdings das Abfallgas verwendet werden. Das könnte in Kesselfeuerungen geschehen, um Hochdruckdampf zu erzeugen, zumal es an Ort und Stelle billig zur Verfügung steht. So erhält man billigen Strom und kann am Ort der Gasentstehung, also etwa im Ruhrgebiet, mit der elektrischen Roheisenerzeugung beginnen.

Aber auch sonst würden die Verbraucher das Sinken der Strompreise nur begrüßen, das durch Erbauung von Hochdruck-Kraftwerken herbeigeführt werden kann. Es sollte jedenfalls in der Zukunft, im Zeitalter des Hochdruckdampfes, keine Niederdruck-Dampfanlage mehr errichtet werden, denn es gibt heute keine Gründe oder Bedenken mehr, die gegen die Aufstellung von Hochdruckanlagen geltend gemacht werden könnten. Insbesondere sollten keine reinen Niederdruck-Heizwerke mehr gebaut werden, die heute noch in manchen Fällen vorgeschlagen werden, weil für den im Gegendruckbetrieb einer Hochdruckanlage erzeugten Strom kein unmittelbarer Bedarf vorhanden ist. Es müßte unter diesen Umständen ermöglicht werden, daß der überschüssige Strom von benachbarten Stromkreisen gegen entsprechende Bezahlung aufgenommen wird, selbst wenn deshalb in angeschlossenen Niederdruck-Dampfkraftwerken die Stromerzeugung gedrosselt werden müßte.

Alle Überlegungen führen daher mit Notwendigkeit zu dem gleichen Ziele: Erreichung höchster Wirtschaftlichkeit durch Hochdruck-Dampfbetrieb! [B 1782]

Braunkohlen in der Nord-Mandschurei

Von den zahlreichen Braunkohlenlagerstätten im Nordosten des asiatischen Festlandes sind die der Küsten- und der Amurprovinz, die transbaikalischen und die der mittleren und südlichen Mandschurei näher untersucht. Die Braunkohlen von Transbaikalien gehören zum Jura, die der Küstenprovinz dagegen ausschließlich zum Tertiär. Alle älteren Kohlen sind Steinkohlen mit anthrazitischem Charakter. Die größten Braunkohlenbecken sind die von Tschalainor und von Wu-dsi-mi-Hsiao-schan-dsi-Kan-jao.

Die Tschalainorfolge ist auf Grund von etwa 1000 Bohrlöchern auf 25 km Länge erschlossen. Drei bis vier Flöze mit einer durchschnittlichen Gesamtmächtigkeit von 23,2 m sind vorhanden, die zwischen Ton- und Lehmschichten eingebettet sind. Die durch Bohrungen und Schürfungen aufgeschlossenen Vorräte betragen etwa 70 Mill. t, die geologisch vermuteten Vorräte des ganzen Gebietes rd. 20 Milliarden t Braunkohle. Die Lagerstätte wird seit 1903 teils im Tagebau, teils im Tiefbau abgebaut. Die Kohle entspricht nach den vorliegenden Analysen etwa der böhmischen Braunkohle[1]). Sie wird für die chinesische Ostbahn verwendet.

Die etwa 250 km südöstlich Harbin liegende Wu-dsi-mi-Hsiao-schan-dsi-Kan-jao-Braunkohlenfolge besteht aus schwachen Tonschiefern und Sandsteinen, die zwischen Gebirgen in einer ziemlich breiten Einsenkung lagern. Es handelt sich um sieben ¾ bis 3 m mächtige Flöze mit einer Kohle von 10 bis 20 vH Wassergehalt bei einem Heizwert von 4600 bis 6000 kcal/kg. Die Gruben haben eine verhältnismäßig geringe Förderung, die in der Hauptsache an die südmandschurische Eisenbahn abgesetzt wird. Bei der Unerforschtheit des größten Teiles des Gebietes besteht die Wahrscheinlichkeit, daß noch weitere Vorkommen vorhanden sind. [N 2177] Pr.

[1]) „Braunkohle" Bd. 27 (1928) Nr. 34 S. 792.

RUNDSCHAU

Nachrichtenwesen

Fortschritte der Funktechnik

Bei der Jahrestagung des Deutschen Funktechnischen Verbandes in Bremen 1928 sprach Prof. Dr. Esau, Jena, über

ultrakurze elektrische Wellen und ihre Anwendungsgebiete[1].

Er befaßt sich schon seit mehreren Jahren mit diesem Gebiet und hat bemerkenswerte Ergebnisse erzielt. Es ist ihm gelungen, auf verschiedene Weise Leistungen von 300 W zu erreichen. Wenn man bedenkt, daß Heinrich Hertz Leistungen von einem Bruchteil eines Watt nicht überschreiten konnte, ist das Ergebnis von Prof. Esau besonders hoch zu bewerten. Er hat die Aufgabe in verschiedenen Richtungen zu lösen versucht, und es ist ihm sowohl mittels Funkenerregung als auch mit Hilfe von Senderöhren gelungen, bis auf rd. 300 W Antennenleistung zu kommen; das ist sehr beachtenswert, wenn man bedenkt, daß die Leistungen, die für gewöhnlich für Kurzwellensender angegeben werden, stets die Röhrenleistung bedeuten. Ein Kurzwellensender von 10 kW Röhrenleistung hat aber eine Antennenleistung von höchstens 3 kW. Daß Heinrich Hertz mittels Funkenerregung keine größeren Leistungen erzielte, hat seinen Grund darin, daß einerseits die Kapazitäten seines Schwingkreises sehr klein waren, im besondren aber, daß er nur kleine Betriebspannungen und vor allen Dingen eine langsame Funkenfolge verwenden konnte. Die Leistung steigt sehr, wenn man einerseits die Spannung, anderseits die Kapazität und drittens die Funkenfolge steigert. Über eine bestimmte Spannung kann man aus Isolationsgründen nicht hinausgehen. Die Schwingkreiskapazität darf man bei Ultrakurzwellen-Sendern auch nicht zu groß nehmen, weil man sonst nicht auf die gewünschte Wellenlänge herunterkommt. Prof. Esau steigerte also die Funkenfolge, und zwar dadurch, daß er die Funkenstrecke mit Wechselspannung von sehr hoher Frequenz speiste. Die Wechselspannung erzeugte er zunächst in Hochfrequenzmaschinen, später in einem Röhrensender. Auch die sonst in der Funkentelegraphie benutzte Funkenstrecke mußte er abändern; er griff auf die alte Marconifunkenstrecke zurück, die sich wegen ihrer niedrigen Kapazität gut für Ultrakurzwellen eignet. Wie Heinrich Hertz, so schaltete auch Esau die Funkenstrecke unmittelbar in die Antenne.

[1] Als „ultrakurz" bezeichnet man nach dem heutigen Stande der Kurzwellentechnik Wellen mit weniger als 10 m Wellenlänge. Prof. Esau hat die hier mitgeteilten Ergebnisse mit 3 m langen Wellen erzielt; er hat Wellenlängen bis herunter zu 75 cm erreicht.

Für Telephonie eignet sich die Funkensendung nicht; sie hat wohl nur wissenschaftliche Bedeutung; für Telephonie kommt lediglich die Sendung mit ungedämpften Wellen in Frage, die man nur mittels Röhren erzeugen kann.

Während man nach den Erfahrungen bei Kurzwellen (Wellenlänge 15 m) immer annahm, daß besondre Sender mit Fremdsteuerung für die Telephonie erforderlich wären, hat sich bei Ultrakurzwellen herausgestellt, daß sich die transformatorische Gitterbesprechung, Abb. 1, hierfür gut eignet. Mit einem Super-Regenerativempfänger (Über-Rückkopplungsempfänger), Abb. 2, und dem Sender nach Abb. 1 gelang es Prof. Esau, bei $^1/_{10}$ W 65 km und bei 300 W 400 km zu überbrücken. Die Güte der Übertragung unterscheidet sich, wie Prof. Esau zeigte, von der normaler Rundfunksender nicht. Wenn man bedenkt, daß ein Sender von $^1/_{10}$ W, der bei Ultrakurzwellen sogar ohne Antenne arbeiten kann, kaum größer als eine Zigarrenkiste ist, so ist die Bedeutung der Versuche von Esau wohl ohne weiteres klar.

Hinzu kommt, daß der Empfang von Ultrakurzwellen in vieler Hinsicht wesentlich besser ist als der von Wellen mit der beim Rundfunk üblichen Länge, aber auch von Kurzwellen. Atmosphärische Störungen, Blitzschläge, Störungen durch Straßenbahnen und elektrische Maschinen, durch Hochfrequenzgeräte u. dergl. machen sich bei Ultrakurzwellen überhaupt nicht störend bemerkbar. Dasselbe trifft auch auf den „Fadingeffekt" zu. Wenn man bedenkt, daß, allerdings im Gegensatz zu den Erfahrungen, die man bei den Kurzwellen gemacht hat, die Strahlung hauptsächlich Bodenstrahlung ist, so ist die Störungsfreiheit ohne weiteres erklärlich; Fernstrahlung[2]) konnte man bei ultrakurzen Wellen bisher noch nicht feststellen. Daß Raumstrahlung bei den ultrakurzen Wellen auftritt, ist nach den verschiedenen Theorien und Ergebnissen kaum anzunehmen.

Da die Bodenstrahlung, wie auch bei längeren Wellen bei gleichen Empfängertypen, nur von der Leistung des Senders abhängig ist, so kann man die Reichweite eines Ultrakurzwellensenders ziemlich genau abgrenzen. Das kann vielleicht große Bedeutung erlangen und die Schwierigkeiten der Wellenverteilung beheben. Prof. Esau schlägt vor, jeder Stadt einen Ultrakurzwellensender von nur so großer Leistung zu geben, daß die einzelnen Senderbereiche

[2] Mit „Fernstrahlung" bezeichne ich den Teil der in den Raum gesandten „Raumstrahlung", der von der Heavisideschicht zur Erde zurückgeworfen wird und fern vom Sender empfangen werden kann. Vergl. Kollatz und Noack, Die Anwendung kurzer elektrischer Wellen in der Funktechnik, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 25 und 26 S. 885 u. f.

RZ 1991 Z1

Abb. 1
Telephonie-Sendeschaltung für ultrakurze Wellen nach Dr. Esau.

- *a* eine Windung aus 2 bis 4 mm dickem Vollkupferdraht, rd. 100 mm Windungsdurchmesser
- *b* Gitterkondensator, Kapazität 200 bis 400 cm
- *c* Hochfrequenz-Drosselspulen, 20 Windungen aus 1 bis 2 mm dickem Draht, Windungsdurchmesser 30 mm, Wickellänge 150 mm, freitragende Drahtspulen
- *d* Kondensator, Kapazität 4000 cm
- *e* Anodenbatterie
- *f* Heiztransformator
- *g* Sprechtransformator
- *h* Mikrophon
- *i* Mikrophon- und Gittervorspannungsbatterie
- *k* Hitzdrahtstromzeiger
- *l* Eindrahtantenne, $^3/_4$ Wellenlänge lang

RZ 1991 Z2

Abb. 2
Über-Rückkopplungsempfänger (Superregenerativempfänger) für ultrakurze Wellen nach Dr. Esau.

- *a* Hochfrequenz-Drosselspulen wie *c* in Abb. 1
- *b* Drosselspulen aus 0,1 bis 0,2 mm dickem Draht, 1000 bis 2000 Windungen
- *c* Einplatten-Drehkondensator, Kapazität 15 cm
- *d* desgl., Kapazität 25 cm
- *e* eine Windung aus 4 bis 5 mm dickem Vollkupferdraht, rd. 120 mm Windungsdurchmesser
- *f* Blockkondensator in Luftleere, Kapazität 100 bis 200 cm
- *g* Widerstand, 2 MΩ
- *h* Spule aus 0,15 mm dickem Draht, 1000 Windungen; bei 700 Windungen eine Abzweigung
- *i* Spule wie *h*, aber ohne Abzweigung
- *k* Blockkondensator, Kapazität 0,1 bis 1 μF
- *l* Heizwiderstände
- *m* Glimmer-Drehkondensator, Kapazität rd. 1000 cm
- *n* Blockkondensator, Kapazität 5000 cm
- *o* Leitungen zum Niederfrequenzverstärker
- *p* Blockkondensatoren, je 2000 cm Kapazität
- *q* Anodenbatterie
- *r* Heizbatterie

Der Kreis *d e* dient zur Feineinstellung der Rückkopplung

Abb. 3
Verfahren zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen nach Dr. Kunze.
Links: Beobachter in der Nähe des Relaissenders
Rechts: „ „ „ „ „ Hauptsenders

a Relaissender
b Hauptsender
c Aufnahmeraum
d Kabel
e Beobachter
f Empfänger
g elektrisches Telephon
h akustisches Telephon
i Gummischlauch
x Fortpflanzungszeit des Schalles im Kabel
y Fortpflanzungszeit drahtlos
z_1, z_2 Zusatzzeit im Schlauch

sich nicht überlappen, die Sender einander also nicht stören. Die Wellenlänge kann dann bei allen Sendern gleich sein. Da kleinere Sender genügen würden, ergäbe sich eine hohe Wirtschaftlichkeit des Rundfunkbetriebes.

Da die Ultrakurzwellengeräte selbst bei größeren Leistungen klein sind, eignen sie sich besonders als ortbewegliche Geräte.

Eine besondre Bedeutung haben die

Ultrakurzwellen für die Medizin.

Prof. Esau hat mittels Ultrakurzwellen Kleintiere töten können, da sie starke diathermische Wirkungen ausüben und in zu großer Dosis das Blut stark erwärmen. Nervenreizungen und Eiweißumsetzungen scheinen bei Bestrahlung mit Ultrakurzwellen ebenfalls eine große Rolle zu spielen. Wenn die Ultrakurzwellen wohl gefährlich werden können, so können sie bei vernünftiger Dosierung heilend wirken. Wegen starker Erwärmung der Körperoberfläche ließen die alten Diathermieverfahren keine starke Innenbestrahlung zu, während Ultrakurzwellen diese ermöglichen. Man hat bereits erfolgreiche Gehirn-, Nierenbecken- und Magenbestrahlungen durchgeführt. Aber nicht nur für die Diathermie, sondern auch für die Therapie haben die Ultrakurzwellen Bedeutung; bringt man z. B. eine blutende Wunde zwischen die Kondensatorplatten des Ultrakurzwellensenders, so verharscht die Wunde fast plötzlich. Auch die Meßtechnik wird von den Ultrakurzwellen Nutzen haben können.

Die Aussichten dieses neuesten Zweiges der Funktechnik sind heute noch nicht zu übersehen; ich vermute, daß wir noch vor großen Überraschungen stehen.

Dr. Kunze, Direktor der Atlaswerke, Bremen, berichtete über ein sinnreiches, einfaches

Verfahren zum Studium der Ausbreitung elektrischer Wellen im Raum,

im besonderen von elektromagnetischen Wellen. Es beruht auf der stereoakustischen Erscheinung, d. h. daß das menschliche Gehirn Richtgefühle äußert, wenn beiden Ohren derselbe Schall, aber nacheinander, zugeführt wird. Will man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen messen oder, wenn diese bekannt ist, den von ihnen zurückgelegten Weg, oder wie lange ein Schall braucht, um ein Fernsprechkabel zu durcheilen, so führt man die von einem Telephonie-Sender ausgehenden Wellen auf zwei verschiedenen Wegen jedem der beiden Ohren des Beobachters zu, z. B. dadurch, daß man zwei Rundfunksender, die das gleiche senden, mit zwei Rundfunkempfängern aufnimmt und jedem Ohr den Empfang eines der beiden Telephonie-Sender zuführt, Abb. 3. Liegt der eine Sender dem Beobachter näher als der andre, so wird das Ohr, das den näheren Telephoniesender empfängt, die Sendung um ein geringes früher empfangen als das andre. Das Gehirn hat dann den Eindruck, als wenn der Schall von der Seite käme. Man kann nun zwischen das Telephon und das Ohr, welches den näheren Telephoniesender aufnahm, einen Schlauch bestimmter Länge einschalten, so daß schließlich beiden Ohren zu gleicher Zeit der Schall zugeführt wird. Dann wird das Gehirn den Eindruck haben, als käme der Schall von vorn. Um diese Normallage herum ist die Richtempfindlichkeit des Gehirns sehr groß.

Aus der Kenntnis der Schallgeschwindigkeit im Schlauch, der Länge des Schlauches, der Entfernung der beiden Telephoniesender vom Beobachter und voneinander kann man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit berechnen. Ist die Entfernung des einen Telephoniesenders vom Beobachter so klein, daß man sie gegenüber der des andern vernachlässigen kann, und wird der entfernte Sender vom ersten (Hauptsender) moduliert, arbeitet also als Relaissender, und wird ihm vom Hauptsender über ein Kabel die Modulation zugeführt, bezeichnet man mit x die Zeit für die Übertragung vom Hauptsender zum Relaissender durch das Kabel, mit y die Zeit für die drahtlose Übertragung vom Relaissender zum Hauptsender, und mit z die Zeit, die der Schall im Schlauch braucht, so gelten folgende Gleichungen:

1. wenn der Beobachter in unmittelbarer Nähe des Relaissenders empfängt:

$$x - y = z_1 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1);$$

2. wenn der Beobachter in unmittelbarer Nähe des Hauptsenders empfängt:

$$x + y = z_2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2).$$

Hieraus kann man x und y ausrechnen. Kennt man die Strecken, so kann man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, kennt man diese, so kann man die Strecken bestimmen. Eine besondre Bedeutung dürfte das Verfahren erlangen, wenn es sich darum handelt, festzustellen, ob eine elektromagnetische Welle unmittelbar oder auf Umwegen vom Sender zum Empfänger kommt. [M 1991]

Berlin-Schlachtensee Dr. F. Noack

Elektrotechnik

Der Doppelnutmotor

Die Schwierigkeiten, die sich der Verwendung des normalen Kurzschlußmotors entgegenstellen, sind vor allem durch seine hohe Stromaufnahme während des Anlaufs bedingt, die die des Schleifringmotors häufig um mehr als 50 vH übertrifft, unabhängig davon, ob man eine Anlaßriemenscheibe verwendet oder nicht. Die Anlaßriemenscheibe ermöglicht dem Kurzschlußmotor das Hochfahren unter schwerer Last, aber sie hat keinen Einfluß auf die Stromaufnahme beim ersten Einschalten des Motors.

Die Anfahrströme kann man auf verschiedene Weise beeinflussen. Die AEG erreicht die Verringerung des Anfahrstromes durch Verwendung eines Stromverdrängungsmotors nach dem Prinzip von Boucherot[1]).

Der Boucherot-Motor unterscheidet sich von dem normalen Kurzschlußmotor dadurch, daß jeder Stab des Läuferkäfigs in zwei Stäbe aufgeteilt ist, von denen der innere einen gegenüber dem äußeren Stab zusätzlichen induktiven Widerstand enthält. Abb. 4 und 5 zeigen das Widerstandschema für den normalen Kurzschlußmotor und den Boucherot-Motor. Der Ohmsche Widerstand des äußeren Stabes ist im allgemeinen wesentlich größer als der des inneren. Bei den hohen Läuferfrequenzen während des Anlaufs ist der induktive Widerstand des innen liegenden Stabes verhältnismäßig groß, so daß der Hauptteil des Stromes in dem äußeren Stab mit dem hohen Ohmschen Widerstand fließt. Mit steigender Drehzahl und infolgedessen abnehmender Läuferfrequenz sinkt der induktive Widerstand des inneren Stabes und damit auch der wirksame Widerstand der

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 174.

Abb. 4. Normaler Kurzschlußmotor.

Abb. 5. Boucherot-Motor.

Abb. 4 und **5**
Widerstände des Läuferkäfigs.

a Großer Ohmscher Widerstand des äußeren Stabes
b kleiner „ „ „ inneren „
c induktiver „ „ „ „

Abb. 6
Läuferschnitt eines vierpoligen AEG-Doppelnutmotors. In die Nuten des Läufers wird Aluminium gegossen.

Abb. 7
Drehmoment des Kurzschlußmotors und des Doppelnutmotors (Anlaßstufe der Stern-Dreieck-Schaltung)

Parallelschaltung. Auf diese Weise läßt sich leicht eine Änderung des wirksamen Ohmschen Widerstandes zwischen 0 und 50 Per./s im Verhältnis 1 : 3 erreichen. Bei den niedrigen Frequenzen im normalen Arbeitsbereich des Motors verhalten sich die Ströme umgekehrt wie die Ohmschen Widerstände der beiden Stäbe, so daß dann der größere Teil des Stromes in der tiefliegenden Nut mit der vergrößerten Streuung fließt. Je wirksamer die Stromverdrängung bei den hohen Frequenzen ist, um so größer ist die Streuung und damit um so niedriger der Leistungsfaktor und das Kippmoment bei normalem Lauf. Aus diesem Grunde ist die Anwendung der Stromverdrängung nur bis zu einem gewissen Grade möglich.

Abb. 6 zeigt den Läuferschnitt eines AEG-Doppelnutmotors. Der Käfig besteht wie beim normalen Motor aus Aluminium, das in die Nuten eingegossen wird. Hierdurch ist es möglich, den Doppelnutmotor zum gleichen Preise wie den normalen Kurzschlußmotor herzustellen. Der Kurzschlußstrom des Motors bei Sternschaltung entspricht dem 1,6fachen Nennstrom. Diese im Gegensatz zu der bisher üblichen Auslegung des Boucherot-Motors verhältnismäßig geringe Stromverdrängung ermöglicht es, den Motor so zu bauen, daß sein Wirkungsgrad und Leistungsfaktor den für den Kurzschlußmotor vorgeschriebenen Werten entspricht. Das Drehmoment des Motors in der Anlaßstufe der Stern-Dreieck-Schaltung zeigt Abb. 7. Das Anzugmoment liegt zwischen 60 und 80 vH des Nennmomentes; es sinkt bei niedrigen Drehzahlen auf rd. 60 vH und steigt dann wieder auf 80 vH, so daß das Kippmoment des Motors in der Dreieckschaltung annähernd dem 2,5fachen Normalmoment entspricht. Man erkennt, daß die Drehmomentkurve des Doppelnutmotors wesentlich gleichmäßiger verläuft als die des normalen Kurzschlußmotors.

Trotz dieser Vorteile könnte der Doppelnutmotor den Schleifringmotor nicht in jedem Fall ersetzen, wenn er nicht mit der neuen Anlaßriemenscheibe der AEG auch unter schweren Anlaufverhältnissen ohne Überschreiten des 1,6fachen Nennstromes hochfahren könnte. Die AEG-Anlaßriemenscheibe, Abb. 8 und 9, ist eine Fliehkraftkupplung, bei der — im Gegensatz zu den bisherigen Kupplungen — die Fliehgewichte in ihrem Drehpunkt nicht fest mit der Welle verbunden, sondern auf einen um diese frei drehbaren Ring angeordnet sind. Wird der Motor eingeschaltet, so läuft er — selbst vom Trägheitsmoment der Fliehgewichte entlastet — vollkommen leer hoch. Erst allmählich beschleunigt sich der Ring mit den Gewichten. Während dieser Beschleunigungszeit, die mit etwa 6 s reichlich bemessen ist, wird der Motor von Stern auf Dreieck umgeschaltet, so daß die Fliehgewichte erst dann zum Eingriff kommen, wenn der Motor seine Leerlaufdrehzahl erreicht hat und an voller Spannung liegt. Die Kupplung ist auf das 1,6fache Nennmoment eingestellt. Diesem Drehmoment entsprechend wird der 1,6fache Nennstrom während der gesamten Beschleunigungszeit der Last zu keiner Zeit überschritten. Der Schleifringmotor überschreitet den 1,6fachen Nennstrom nur dann nicht, wenn das beim Anlauf verlangte Drehmoment das Nennmoment des Motors nicht übertrifft und das Inbetriebsetzen des Motors mit genügender Vorsicht erfolgt. Von beiden Voraussetzungen ist der Anfahrstrom des Doppelnutmotors unabhängig.

Wie die bisherigen Erfahrungen gezeigt haben, ist der Halblastenanlauf sehr viel häufiger, als man im allgemeinen annimmt, so daß es meistens möglich ist, den Doppelnutmotor ohne Anlaßscheibe zu verwenden. [M 1785]

Berlin Dr.-Ing. H. Lund

Abb. 8 und **9**
AEG-Anlaßriemenscheibe.
a Fliehgewichte *c* Bremsscheiben
b Ringkörper *d* Riemenscheibengehäuse

Verarbeitende Industrien

Wirkungsweise der Kistennagelmaschinen

Zweck dieser Maschinen, Abb. 10, ist es, das verhältnismäßig langwierige Zusammennageln von Kisten und Holzteilen mit der Hand zu vermeiden. Die fertiggeschnittenen Holzteile werden in die Maschine in der Anordnung eingeführt, die sie später behalten sollen. Das Heranführen und Einschlagen der Nägel geht durch Betätigung eines Fußhebels vor sich. Es können dabei mehrere Nagelzuführungen gleichzeitig nebeneinander arbeiten, wie Abb. 10 zeigt.

Die zu nagelnden Teile werden auf den Tisch *a* gestützt, der mittels des Handrades *b* höher oder tiefer gestellt werden kann. Die Nägel liegen zunächst in dem Nagelkasten *c*, der ständig Schüttelbewegungen macht. Die

Abb. 10
Kistennagelmaschine von Bohm & Kruse, Hemelingen.
a Tisch zur Aufnahme des Werkstückes
b Handrad zur Höhenverstellung des Tisches
c Nagelkasten *d* schräge Führungsschienen für die Nägel *f* Fußhebel *h* Führungsschlauch *k* Hammer *l* Hammerbalken

Nägel gelangen dadurch an die schrägliegenden Schienen *d*, Abb. 11 bis 13, und zwar so, daß sie am Nagelkopf aufgehängt sind, während der Nagelschaft frei pendelt. Die Nägel rutschen, dicht gedrängt, die Sammelschienen hinab und gelangen gegen die Abstreifvorrichtung *e*. Diese gibt jedesmal, wenn eine Aussparung an dem Sammelschlitz vorübergeht, einen Nagel frei. Die Bewegung der Abstreifvorrichtung wird durch den Fußhebel *f*, Abb 10, gesteuert.

Der freigegebene Nagel fällt durch den Trichter *g* in den Schlauch *h* und damit in den Hammerkasten *i*. Der Hammer *k* ist bei der ersten Betätigung des Fußhebels von dem Hammerbalken *l* hochgehoben, und der Nagel kann bis auf das Holz fallen. Bei der nächsten Betätigung des Fußhebels *f* bewegt sich der Hammerbalken *l* und mit ihm der Hammer *k* schnell abwärts und treibt den Nagel ein. Die Einzelheiten des Hammerkastens zeigen Abb. 14 und 15. Die zweiteiligen zangenartigen Nagelführungen *m* werden durch die Federn *n* zusammengehalten. Beim Einschlagen des Nagels geben diese nach und die Führungen lassen den Nagelkopf sowie den Hammer *k* hindurch. Die Abdeckplatte *o*, durch die der Hammer geführt wird, ist mit dem Hammerkasten federnd verschraubt.

Mit einem Schlage kann die ganze Maschine bis zu 32 Nägel eintreiben. Der kleinste Nagelabstand beträgt 40 mm. Sollen mit der Maschine Verstärkungsleisten aufgenagelt werden, so tritt eine Nieteinrichtung in Tätigkeit. Sobald nämlich die Spitze des Nagels an der unteren Seite des Holzes erscheint und etwas aus ihr herausragt, bewegt sich eine in den Tisch der Maschine eingebaute geriffelte Platte nach der Seite und schlägt dadurch die gegen sie stoßenden Nagelspitzen um. Ein Umschlagen mit dem Handhammer ist also nicht nötig.

Die Leistung solcher Kistennagelmaschinen beträgt je nach Art und Größe der herzustellenden Kisten und Kistenteile das Vier- bis Achtfache gegenüber der Handarbeit. Je größer die anzufertigende Kiste oder je größer die Anzahl der Nägel ist, die zum Nageln einer Seite oder zum Aufnageln einer Leiste benutzt wird, desto günstiger ist das Verhältnis gegenüber der Handarbeit. Es muß hierbei berücksichtigt werden, daß beim Aufnageln irgendwelcher Verstärkungsleisten das Einlegen der einzelnen Bretter auf eine dazu geeignete Unterlage und das Auflegen der Verstärkungsleisten sowohl bei Handnagelung als auch bei Maschinennagelung die gleiche Zeit erfordert. Die Ersparnis wird also ausschließlich bei dem eigentlichen Einschlagen der Nägel erzielt. Während der Handnagler mit einem Schlag immer nur jeweils einen einzigen Nagel einschlagen kann, treibt die Maschine in einem Bruchteil der von dem Handnagler für das Eintreiben des Nagels erforderlichen Zeit alle Nägel ein, die zum Aufnageln einer Leiste gebraucht werden.

Angenommen, es sollen Kistendeckel irgendeiner Größe mit je zwei Leisten, von denen jede mit 12 Nägeln befestigt wird, versehen werden. Das Hinlegen der einzelnen Bretter soll sowohl bei Handarbeit als auch bei Maschinennagelung 5 s dauern. Das Einschlagen der $2 \times 12 = 24$ Nägel und das Umnieten der durchdringenden Nagelspitzen erfordert bei der Maschine $2 \times 1{,}5$ s, wozu noch 1 bis 1,5 s für das Umdrehen des Kistendeckels nach dem Aufnageln der ersten Leiste zu rechnen sind. Beim Nageln mit der Hand müssen für das Einschlagen e i n e s e i n z i g e n N a g e l s einschließlich Umnieten der Nagelspitzen mindestens 1,5 s gerechnet werden. Man braucht somit beim Benageln eines Kistendeckels mit Leisten bei Maschinennagelung höchstens 9,5 s und bei Handarbeit 41 s. Die Leistung einer Nagelmaschine gegenüber der Handarbeit beträgt also bei dem angeführten Beispiel etwa das Viereinhalbfache.

Abb. 11 bis **13** Arbeitsweise der Kistennagelmaschine, Abb. 10.

d Führungsschienen
e Abstreifvorrichtung
g Trichter
h Führungsschlauch
i Hammerkasten
k Hammer
o Abdeckplatte, mit dem Hammerkasten federnd verschraubt

Abb. 14 und **15** Seitenansicht und Teile des Hammerkastens.

i Hammerkasten (Abb. 15 Hohlraum darin)
k Hammer
m zweiteilige zangenartige Nagelführung
n Feder zum Zusammendrücken von *m*
o Abdeckplatte

In ähnlicher Weise läßt sich die Ersparnis bei der Herstellung fertiger Kisten aus einzelnen Teilen berechnen. In diesem Fall ist aber die Ersparnis gegenüber der Handarbeit nicht so groß, wie bei Anfertigung einzelner mit Leisten versehener Kistenteile, weil das Zusammensetzen der einzelnen Teile zu Winkeln und Rahmen sowohl bei Handnagelung als auch bei Maschinennagelung etwas längere Zeit erfordert als das Zusammensetzen der Teile beim Annageln von Leisten. Die Ersparnis liegt auch hier bei der Maschine in dem gleichzeitigen Einschlagen sämtlicher Nägel, die für eine Seite erforderlich sind. Ferner werden bei der Maschinennagelung vielfach immer zwei Kopf- und Seitenteile so gelegt, daß man sie ohne Zeitverlust hintereinander zu einem Rahmen zusammennageln kann. Bei der Handnagelung ist auch hier eine wesentlich längere Zeitdauer erforderlich, da der Arbeiter jeweils immer nur eine Hand zum Zusammenhalten der Teile und zum Vorhalten des Nagels frei hat, während die andre Hand das Eintreiben der Nägel besorgen muß. Im Mittel ersetzt die Nagelmaschine fünf bis sechs geübte Handnagler. Zum Antrieb erfordert sie z. B. bei vier Nagelzuführungen eine Leistung von 1 PS, bei zwölf Nagelzuführungen rd. 2,5 PS. [M 1748] Gsl.

Maschinenteile

Näherungsrechnung für kritische Drehzahlen rasch umlaufender Wellen

Zur Berechnung der kritischen Drehzahlen rasch umlaufender Wellen[1]) kann man sich statt der üblichen graphischen Verfahren mit Vorteil auch des Verfahrens von H. Hencky[2]) und des von W. Ritz[3]) bedienen, die die genauen Werte innerhalb eines gewissen Bereiches zwischen zwei Grenzen einschließen und außerdem auch ebenso leicht die höheren kritischen Umlaufzahlen zu berechnen gestatten. Beim Henckyschen Verfahren wird die Welle durch eine sogenannte elastische Gelenkkette ersetzt, bei der eine Reihe starrer Stäbe durch federnde Gelenke verbunden zu denken ist. Der Winkel, den zwei im Gelenk *i*, Abb. 16, zusammenstoßende Stäbe nach eingetretener Verzerrung miteinander

[1]) Auszug aus den Mitteilungen des Hauptvereines deutscher Ingenieure in der tschechoslowakischen Republik Jg. 17 (7) 1928 Heft 5 bis 7 Seite 95, 119 und 167.

[2]) „Der Eisenbau" Bd. 11 (1920) S. 437

[3]) Crelles Journal Bd. 135 (1909) S. 1. Gesammelte Werke, Paris 1911, S. 192.

Abb. 16 Biegungswinkel $\Delta \varphi_i$ und Knotenbelastung F_i der Fliehkräfte im Gelenk i der elastischen Gelenkkette.

Abb. 17 Sechsgliedrige elastische Gelenkkette für die frei aufliegende, stetig mit Masse belegte und durch die Längskraft P belastete Welle.

einschließen, berechnet sich entweder nach dem in i herrschenden Biegungsmoment M_i zu

$$\Delta \varphi_i = \frac{M_i}{E J} s \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1),$$

worin EJ die Biegungssteifigkeit des Stabes ist, oder geometrisch aus der Verzerrung, Abb. 6,

$$\Delta \varphi_i = \zeta_{i-1} - 2 \zeta_i + \zeta_{i+1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2).$$

Hierzu muß bei den hier vorliegenden Fällen noch eine Beziehung treten, welche die Knotenbelastung durch die Fliehkräfte angibt und welche lautet:

$$F_i = \frac{\mu \omega^2 s^2}{6} \left(\zeta_{i-1} + 2 \zeta_i + 2 \zeta_i + \zeta_{i+1}\right) \quad . \; . \; . \; . \; (3).$$

Beim Verfahren von W. Ritz werden für die Auslenkung y eines Wellenpunktes von der Abszisse x Ansätze von der Form $y = a_1 f_1(x) + a_2 f_2(x) + \ldots$ eingeführt, worin die Funktionen $f(x)$ die vorgeschriebenen Grenzbedingungen einzeln erfüllen müssen. Die Freiwerte a werden dann dadurch bestimmt, daß man das bestimmte Integral $J = L_i - L_a$ zu einem Grenzwert macht, worin L_i die Formänderungsarbeit, L_a aber die Arbeit der äußeren Kräfte bedeutet. Da es sich hier um Stabilitätsfragen handelt, ist λ in $J_1 = L_i - \lambda L_a$, das sonst gewöhnlich den Wert 2 hat, hier gleich 1.

Für die stetig belastete, an den Enden frei gelagerte und überdies durch eine Axiallast P beanspruchte Welle, Abb. 17, findet man z. B. für eine sechsgliedrige Ersatzkette der Reihe nach folgende Gleichungen, wenn symmetrische Verzerrung bezüglich der Wellenmitte angenommen wird:

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= \frac{\mu \omega^2 s^2}{6} (4 \zeta_1 + \zeta_2) \\ F_2 &= \frac{\mu \omega^2 s^2}{6} (\zeta_1 + 4 \zeta_2 + \zeta_3) \\ F_3 &= \frac{\mu \omega^2 s^2}{6} (2 \zeta_2 + 4 \zeta_3) \end{aligned}\right\} \text{nach Gl. (3).}$$

Ferner ist

$$M_0 = F_1 \cdot 6 s + F_2 \cdot 6 s + F_3 \cdot 3 s - T \cdot 6 s = 0$$

oder

$$T = F_1 + F_2 + \frac{1}{2} F_3 = \frac{\mu \omega^2 s^2}{6} (5 \zeta_1 + 6 \zeta_2 + 3 \zeta_3).$$

Nun folgen die Biegungsmomente wegen T zu:

$$M_1 = F_1 \cdot 4 s + F_2 \cdot 4 s + F_3 \cdot 2 s - P s \zeta_1 - T \cdot 5 s$$
$$= \frac{\mu \omega^2 s^3}{6} \left(-5 \zeta_1 - 6 \zeta_2 - 3 \zeta_3\right) - P s \zeta_1,$$
$$M_2 = F_1 \cdot 3 s + F_2 \cdot 2 s + F_3 \cdot s - P s \zeta_2 - T \cdot 4 s$$
$$= \frac{\mu \omega^2 s^3}{6} \left(-6 \zeta_1 - 11 \zeta_2 - 6 \zeta_3\right) - P s \zeta_2,$$
$$M_3 = F_1 \cdot 2 s + F_3 \cdot s - P s \zeta_3 - T \cdot 3 s$$
$$= \frac{\mu \omega^2 s^3}{6} \left(-6 \zeta_1 - 12 \zeta_2 - 8 \zeta_3\right) - P s \zeta_3.$$

Führt man noch die dimensionslosen Abkürzungen $m = \frac{\mu \omega^2 s^4}{EJ}$ und $n = \frac{P s^2}{E J}$ ein, so erhält man, wenn man die M_1, M_2, M_3 in Gl. (1) einführt und die Ergebnisse dann Gl. (2) gleichsetzt, in bezug auf $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ drei lineare homogene Gleichungen, deren Determinante verschwinden muß, falls die ζ von 0 verschiedene Werte annehmen sollen. Dies ergibt:

$$13 m^3 + 171 m^2 n + 432 m n^2 + 108 n^3 - 558 m^2$$
$$- 2376 m n - 648 n^2 + 2916 m + 972 n - 216 = 0.$$

Zahlentafel 1 gibt unter H_6^3 die auf $u = \frac{\mu \omega^2 l^4}{E J}$ umgerechneten Werte von m für die Werte $v = \frac{P l^2}{E J}$ an, stellt also einen näherungsweise gültigen Ausdruck für den Zusammenhang der P- und ω-Werte an der Grenze des stabilen Gleichgewichtes dar. Die Werte unter H_2^1 bzw. H_4^2 geben die ebenso ermittelten Näherungswerte für eine zwei- oder viergliedrige Ersatzkette. — Nach dem Verfahren von Ritz führt man den Ansatz:

$$y = a \left(l^3 x - 2 l x^3 + x^4\right)$$

ein, der offenbar alle Grenzbedingungen:

$$y_0 = y_l = y_0'' = y_l'' = 0$$

befriedigt. Macht man nun den Ausdruck

$$J = L_i - L_a = \frac{1}{2} \int_0^l \left[E J y^{2''} - P y^{2'} - \mu \omega^2 y^2\right] \mathrm{d} x \quad . \; (4)$$

zu einem Grenzwert, so bleibt die Näherungsbeziehung: $31 u - 306 v - 3024 = 0$. Sie ist in der Zahlentafel unter R_1^1 ausgewertet. Führt man hingegen den ebenfalls allen Grenzbedingungen genügenden Ansatz

$$y = a_4 \left(l^3 x - 2 l x^3 + x^4\right) + a_6 \left(3 l^5 x - 10 l^3 x^3 + 15 l^2 x^4 - 12 l x^5 + 4 x^6\right)$$

mit den beiden Freiwerten a_4 und a_6 ein und macht J in Gl. (4) wieder zu einem Grenzwert, so erhält man ähnlich wie früher in bezug auf a_4 und a_6 zwei homogene lineare Gleichungen, und das Verschwinden der Systemdeterminante ergibt einen quadratischen Ausdruck zwischen u und v, der in Zahlentafel 1 unter R_2^2 ausgewertet ist und dessen Näherungsergebnisse mit den unter W angegebenen strengen bis auf die 4. Dezimale einschließlich übereinstimmen. Die letzteren findet man, indem man die Differentialgleichung des Problems

$$\frac{\mathrm{d}^4 y}{\mathrm{d} x^4} + \frac{P}{E J} \frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d} x^2} = \frac{\mu \omega^2}{E J} y$$

mittels des Ansatzes $y = e^{k x}$ integriert, der dann infolge der Grenzbedingungen auf die Beziehung

$$u + v (n \pi)^2 = (n \pi)^4 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

führt. Trägt man in einem kartesischen Koordinatensystem als Abszisse $v = \frac{P l^2}{E J}$, als Ordinate die ebenfalls dimensionslose Größe $\sqrt{u} = \omega \sqrt{\frac{\mu l^4}{E J}}$ auf, so ergibt Gl. (5) eine Schar von Parabeln, welche also strenge den Zusammenhang zwischen P und ω an der Grenze des stabilen Gleichgewichtes festlegen. — Man entnimmt schließlich noch der Zahlentafel 1, daß für Druckkräfte P, also für $v > 0$, die Näherungswerte der beiden Verfahren die genauen Werte zwischen sich einschließen. Die höheren kritischen Drehzahlen ergeben sich annähernd aus den höheren positiven Wurzeln obiger Determinantengleichungen, deren niedrigste positive Wurzel in Zahlentafel 1 annähernd die niedrigste Drehzahl für verschiedene Werte von P darstellt. [M 1795]

Brünn Dr.-Ing. Karas

Zahlentafel 1
Die den niedrigsten kritischen Drehzahlen entsprechenden Werte von u.

v	W	H_2^1 Hencky linear	H_4^2	H_6^3	R_1^1	R_2^2
— 10	196 · 10 512	216	199 · 01	198 · 37	196 · 258	196 · 105 185
— 8	176 · 36 591	192	180 · 44	178 · 44	176 · 516	176 · 365 976
— 6	156 · 62 670	168	159 · 98	157 · 98	156 · 774	156 · 626 767
— 4	136 · 88 750	144	138 · 90	137 · 79	137 · 032	136 · 887 558
— 2	117 · 14 829	120	118 · 12	117 · 59	117 · 290	117 · 148 349
0	97 · 40 908	96	97 · 36	97 · 40	97 · 548	97 · 409 139
+ 2	77 · 66 987	72	76 · 58	77 · 20	77 · 806	77 · 669 931
+ 4	57 · 93 066	48	55 · 80	57 · 01	58 · 065	57 · 930 721
+ 6	38 · 19 146	24	35 · 03	36 · 82	38 · 323	38 · 191 512
+ 8	18 · 45 225	0	14 · 26	16 · 62	18 · 581	18 · 452 303
$v =$ für $u = 0$	9 · 86 960(4)	8	9 · 37	9 · 65	9 · 882	9 · 869 610

Kleine Mitteilungen

Versuchsanlagen für Wasserbau und Wasserkraft am Walchensee

Der Bau der neuen Versuchsanlagen des Forschungsinstitutes für Wasserbau und Wasserkraft, München, im Obernachtal ist schon weit fortgeschritten. Das Blockhaus für die örtliche Betriebsleitung ist bereits fertiggestellt. Es enthält neben Bureau- und Lagerräumen auch eine Werkstätte und Wohngelegenheit für Angestellte und Arbeiter des Instituts.

An den eigentlichen Versuchsbauten wird seit Anfang August dieses Jahres gearbeitet. Zur Fassung des für die Versuche erforderlichen Wassers wird vom Isarüberleitungskanal des Walchenseewerkes ein Einlaufkanal für 8 m^3/s abgezweigt, der das Wasser in ein 1400 m^3 großes Verteilbecken führt. Von hier aus sollen die verschiedenen Versuchsgerinne und Versuchsbauten, die von Fall zu Fall zu errichten sind, mit Wasser versorgt werden. Als wichtigstes Gerinne wird zur Zeit ein Kanal mit 600 m Länge gebaut, der teils als Erdkanal, teils als betonierte Kanalstrecke ausgebildet ist. Der Kanal endigt in einem Meßbecken, das mit 1200 m^3 Inhalt in dieser Größe bisher noch nirgends ausgeführt wurde. Es ist mit Hilfe dieses Behälters möglich, auch für große Wassermengen genaue hydraulische Untersuchungen durchzuführen.

Nach Fertigstellung der Bauanlagen können auf dem Versuchsgelände wichtige Aufgaben, z. B. über Hochwasserfreilegung von Städten, bearbeitet werden. [N 2229 a]

Verwertung von Abfallkohle in Kohlenstaubfeuerungen

In jedem Kohlenbergwerk entstehen Abfälle, die nicht nur unverkäuflich sind, sondern, da sie fortgeschafft werden müssen, Kosten verursachen.

Das Cadeby-Kohlenbergwerk in Conisborough verwertet diese Abfälle zur Dampferzeugung und hat zu diesem Zweck von ihren 21 alten Lancashire-Kesseln, die in der Hauptsache Gebläsemaschinen mit Dampf versorgten, 13 abgerissen und durch drei Wasserrohrkessel mit Kohlenstaubfeuerung ersetzt. Die Kohlenabfälle wurden früher in der Kohlenwäsche ausgeschieden und von dort in Abfallgruben befördert. Man gewinnt sie jetzt in trockenem Zustand, indem man die geförderte Kohle über ein langes geneigtes Sieb wandern läßt, bevor sie in die Wäsche eintritt. Hierbei fallen Staub und kleinere Kohlenstücke bis zu 3,2 mm Dmr. in eine Rinne, während der fester anhaftende Staub in der Wäsche ausgeschieden wird. Die Feinkohle, von deren Körnern 85 vH unter 1,6 mm Dmr. haben, gelangt aus der Rinne unmittelbar in die Rohkohlenbunker und von dort zu den Kohlenmühlen.

Die Kessel haben je 650 m^2 Heizfläche und 8,8 at Überdruck. Wände und Boden des Feuerraumes enthalten Hohlräume von 23 cm Breite, durch die die Zweitluft zugeführt wird. Die Asche fällt als feiner Staub auf den geneigten Feuerraumboden und wird in gewissen Abständen mittels Handrechen in ein Kratzwerk gestoßen, das die Asche unter Wasser abführt. („Engineering" 26. Oktober 1928 S. 522*)
[N 2229 b] Le.

Sortieren der Kohle zum Brikettieren

Verhältnismäßig wenige Kohlen kann man so, wie sie aus der Grube kommen, ohne Waschen und Mahlen brikettieren. Einen großen Teil der Kohlen, den man ohne weitere Mahlung wahrscheinlich brikettieren könnte, kann man aber wegen des hohen Aschengehaltes und der Unmöglichkeit, den Kohlen diesen zu entziehen, nicht verwenden. Die Kohlen auf eine solche Weise zu mahlen und zu sortieren, daß man brauchbare Preßlinge mit der geringstmöglichen Menge von Bindestoffen erzeugt, ist daher eine wichtige wirtschaftliche Aufgabe für den Preßkohlenhersteller.

Zahlreiche Versuche hat man mit harten, gasreichen, leicht backenden Kohlen ausgeführt, die naß oder trocken aufbereitet wurden, um Preßlinge mit weniger als 10 vH Aschengehalt herzustellen. Die Abmessungen der Preßlinge betrugen 100 × 100 × 75 mm^3 bei 900 g Gewicht, der aufgewendete Druck betrug 310 at. Den Dampf für den Mischraum führte man bei 3,5 at Druck mit einer Temperatur von 180 bis 190 °C zu. Im praktischen Betrieb sollte man 20 bis 25 vH Kohlen von 6 bis 3 mm und den Rest je zur Hälfte von 0,26 bis 0,13 mm und unter 0,13 mm Korngröße verwenden.

Bei einem Zusatz von 8 vH Pech und gleichmäßiger Sortierung der Kohlenteilchen von 6 bis 0,75 mm sollten für die festesten und widerstandfähigsten Preßlinge 30 bis 40 vH Kohle von 0,75 mm abwärts verwendet werden. B[ei] einem Zusatz von 10 vH Pech sind Bindestoffe genügen[d] vorhanden, um auch bei einem größeren Anteil von feine[n] Kohlen noch gute Preßlinge erzeugen zu können. („Th[e] Iron and Coal Trades Review" 26. Oktober 1928 S. 623*
[N 2229 d] Ste.

Neues Arbeitsverfahren für Verpuffungsmotoren

Um Gasöl und ähnliche schwere Brennstoffe in Ver[-]puffungsmotoren verarbeiten zu können, zweigt man, wi[e] F. Rochefort in einer der Akademie der Wissenschaf[-]ten, Paris, überreichten Mitteilung vorschlägt, vom Ver[-]dichtungsraum des Zylinders eine Kammer mit gesteuerte[r] Öffnung ab. Bei Beginn des Verdichtungshubes strömt au[s] dieser Kammer beim vorigen Verdichtungshub verdichtete[s] Gemisch in den Zylinder und zerstäubt hierbei den zu glei[-]cher Zeit an der Raumöffnung vorbei eingespritzten Brenn[-]stoff; die Kammer füllt sich vor dem Ende des Verdich[-]tungshubes wieder mit hochverdichtetem Gemisch, bevo[r] sie, unmittelbar vor dem Zündpunkt, gegen den Zylinde[r] hin abgeschlossen wird.

Das Verfahren, das sich bei Zweitakt- oder Viertakt[-]motoren anwenden läßt, ermöglicht, den Brennstoff unte[r] verhältnismäßig hohem Überdruck, also sehr fein zu zerstäuben, ohne daß man einen besonderen Verdichter anwenden müßte. Es soll sich bei einem Versuchsmotor mi[t] einem Zylinder bereits bewährt haben. („Le Génie Civil" 27. Oktober 1928 S. 410) [N 2229 c] H.

Elektrolytischer Schutz gegen Anfressung in Lokomotivkesseln

Amerikanische Eisenbahnen machen seit mehreren Jahren Versuche mit elektrolytischem Anfressungsschutz. Das Verfahren ist besser zu bezeichnen als ein elektrochemischer Polarisationsvorgang, da dem Kesselwasser lösliches Arsensalz beigegeben wird. Im Kessel sind zwei isolierte Elektroden angebracht, die eine oben am einen, die andre unten am andern Kesselende. Die leitenden Teile der Elektroden sind an Eisenanoden angeschlossen, die längs der Kesselwand innerhalb des Wasserraumes isoliert befestigt sind. Beide Elektroden sind an den positiven Pol des Stromerzeugers für die Lokomotivbeleuchtung gelegt, während der Kessel selbst am negativen Pol liegt. Das beigemengte Arsensalz, rd. 2 kg bei neuer Indienststellung und sodann etwa 0,5 kg alle zwei Wochen, dient als Gegenkathode und steigert die Wirkung der Polarisation, die in der Bindung der den Kessel angreifenden Bestandteile besteht, beträchtlich. Das Ergebnis des Verfahrens soll sehr gut sein. An Lokomotivkesseln, an denen es seit vier Jahren angewendet wird, sollen sich keinerlei Spuren von Anfressung oder Rost gezeigt haben. („The Railway Engineer" November 1928 S. 391)
[N 2229 e] Ro.

Beförderung von losem Zement zu Schiff

Für den Bau des großen Geschäftshauses „Merchandise Mart" in Chikago wird das Zement lose auf einem Dampfer von 352 t (4000 barrels) Tragfähigkeit zur Betonieranlage gebracht. Zum Entladen dient Druckluft. Diese befördert das Zement mittels Rohre von 12,7 cm Dmr. in 6 bis 7 h zu einem Zementbunker von rd. 380 t Inhalt, der 38 m landeinwärts in rd. 22,8 m Höhe über der Ladekante des Schiffes liegt. („Engineering News-Record" 11. Oktober 1928 S. 558) [N 2229 f] Sd.

Große amerikanische Belebtschlammanlage

In Chikago wurde eine neue Abwasseranlage, die nach dem Schlammbelebungsverfahren arbeitet, in Betrieb genommen. Die gesamten Anlagen bedecken eine Fläche von 39,2 ha und können im Mittel täglich 795 000 m^3 Abwässer verarbeiten.

Von der Einlaßkammer werden die Abwässer nach den Kieskammern und den Sieben gepumpt und dann zu acht Vorabsetz-Behältern. Danach fließen sie in die Lüftungsbehälter, in denen die Abwässer mit Luft von rd. 0,5 at Überdruck behandelt werden. Die durchlüfteten Abwässer fließen dann in 30 Absetzbehälter, von wo eine Rohrleitung das geklärte Wasser in den Chikago-Fluß führt. Der Schlamm wird dann wieder zu den Lüftungsbehältern zurückgepumpt. Der Überschuß an Belebtschlamm und der Schlamm aus den Vorabsetz-Behältern wird zu den rd. 29 km entfernten Faulbehältern gepumpt, dann an der Luft getrocknet und auf einer 364 ha großen Fläche aufgeschüttet. Versuche zur Verwertung des Faulschlammes als Dünger wurden nicht gemacht. („Engineering News-Record" 11. Oktober 1928 S. 543*) [N 2229 g] Schr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Die Besteuerung der Kraftfahrzeuge und Kraftstoffe zur Schaffung eines zeitgemäßen Straßennetzes. Von Dr.-Ing. C. Wiskott. Berlin 1928, VDI-Verlag. 88 S. m. 44 Abb. und 20 Zahlentaf. Preis geb. 22 *RM*.

In der vorliegenden Schrift wird die Entwicklung der Besteuerung von Kraftfahrzeugen in Deutschland während der letzten 25 Jahre, namentlich das Ergebnis der Verhandlungen vor der letzten Regelung dieser Frage, auf Grund amtlicher und privater Quellen zusammengestellt. Im Anschluß daran werden die verschiedenen Arten der Besteuerung unter Würdigung ihres voraussichtlichen Erträgnisses, insbesondere auch die Deckung des Steueraufkommens durch Verbrauchsteuern auf Brennstoffe oder auf Reifen, eingehend besprochen und den Erträgnissen dieser Steuern die Kosten der in der nächsten Zeit notwendigen Straßenbauten gegenübergestellt.

Aus den umfangreichen Untersuchungen ergeben sich Vorschläge des Verfassers, die in erster Linie, wenn von Verbrauchsteuern abgesehen werden soll, auf eine Bemessung der Jahressteuer auch bei Personenkraftwagen nach dem Gewicht hinauslaufen. In zweiter Linie schlägt der Verfasser eine starke Ermäßigung der Jahresgebühr nach dem Gewicht sowie eine Steuer auf den Brennstoff in Höhe von 20 vH der Kleinhandelspreise und eine Steuer auf Gummireifen in Höhe von 20 bis 100 vH der Listenpreise vor.

Der Wert der Untersuchung liegt insbesondere in der gründlichen Bearbeitung der gesamten vorhandenen Unterlagen. Die Schrift kann daher als einwandfreie Grundlage für die in absehbarer Zeit doch unvermeidlich werdenden Verhandlungen über eine neue Regelung dieser Frage bezeichnet werden. [E 2229] H.

Lehrbuch der Elektrodynamik. Von J. Frenkel. 2. Bd. Berlin 1928, Julius Springer. 505 S. m. 50 Abb. Preis 46,20 *RM*.

Was in diesem Band besprochen ist, zeigt der folgende Auszug aus dem Inhaltsverzeichnis:

1. Abschnitt: Allgemeine Grundlagen der makroskopischen Theorie.

I. Die Grundgleichungen des makroskopischen elektromagnetischen Feldes (z. B. Abhängigkeit der gemittelten Feldgrößen von den gemittelten Substanzgrößen; die vierdimensionale Form der Grundgleichungen und ihre Anwendung auf langsam bewegte Körper).

II. Energie und Kräfte (z. B. die den freien Ladungen zugehörigen quadratischen Größen, Energie, Kräfte und Spannungen; die vierdimensionale Form des Energiespannungs-Tensors; elektromagnetische Energie und Thermodynamik, elektromagnetische Kräfte und Elastizitätstheorie).

III. Quasi-mikroskopische Theorie der elektromagnetischen Eigenschaften materieller Körper (z. B. magnetostatische und elektrostatische Polarisation in zeitlich konstanten und harmonisch schwingenden Feldern; elektrische Leitfähigkeit; elektrolytische Polarisation und Kontakt-Potentiale).

2. Abschnitt: Allgemeine Probleme der makroskopischen Theorie.

IV. Fortpflanzung elektromagnetischer Schwingungen (Wellen) in unbegrenzten Körpern (z. B. ebene Wellen in homogenen und isotropen, in homogenen anisotropen, in gyrotropen Körpern, Streuung der elektromagnetischen Wellen in trüben Körpern).

V. Elektromagnetische Schwingungen in begrenzten Körpern (z. B. Reflexion und Durchgang ebener Wellen durch eine ebene Grenzfläche, Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie, erzwungene Schwingungen und Beugungserscheinungen).

VI. Theorie der strahlungslosen (quasistationären und quasistatischen) Erscheinungen in begrenzten Körpern (z. B. elektrische Schwingungen in linearen Leitern; Induktionsströme in körperlichen und plattenförmigen Leitern; stationäre Ströme und Übergang zur Elektro- und Galvanostatik).

Anhang: Mathematische Ergänzungen.

Auch dieser Band ist bezüglich der Auswahl und Anordnung des Stoffes sowie der Art seiner Verarbeitung und Darstellung durchaus modern und originell. Alles ist aus einem Guß und alles von einem höheren Standpunkt aus geschrieben, als es in den meisten Lehrbüchern der theoretischen Physik der Fall ist. Ich bedauere lebhaft, daß ich nicht die Zeit habe, das Buch eingehend durchzuarbeiten. Ich bin überzeugt, daß ich daraus eine große Menge lernen würde. Mit dem Lesen einiger Abschnitte ist es bei diesem Buch nicht getan. Als Nachschlagebuch eignet es sich durchaus nicht: die Bezeichnungen weichen von den üblichen ab, und jeder Abschnitt ist durch den vorhergehenden bedingt und ohne ihn kaum verständlich.

Ich empfehle das Buch jedem, der die Absicht hat, moderne theoretische Physik gründlich zu studieren, vorausgesetzt, daß er sehr gut mathematisch vorgebildet ist. [E 1995] Zenneck

Die Technik elektrischer Meßgeräte. Von Georg Keinath. 3. Aufl. 2. Bd.: Meßverfahren. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 416 S. m. 374 Abb. Preis 24,50 *RM*.

Wie bereits bei der Besprechung des ersten Bandes angekündigt wurde, behandelt der Verfasser im zweiten die Meßverfahren. Er beschränkt sich nicht auf die rein elektrischen Meßverfahren, sondern hat darüber hinaus auch die Messung von Geschwindigkeit, Zeit, Länge, Beschleunigung, Druck und magnetische Messungen, z. B. elektrische Stahlanalyse, berücksichtigt. Bei jedem Verfahren werden die Meßgeräte und Schaltungen erläutert unter Angabe der Fehlerquellen und der Genauigkeit. Dadurch wird das Werk zu einem vorzüglichen Hilfsbuch für praktische Messungen. [E 2029] Pa.

Le Molle. Von Pietro Gradenigo. 1. bis 4. Bd. Torino, S. Lattes & Co.

1. Bd.: Strutture degli acciai. S. 1 bis 164 m. 155 Abb. Preis 35 L.
2. Bd.: Tecnologia delle molle. S. 165 bis 323 m. 135 Abb. Preis 35 L.
3. Bd.: Collaudo delle molle. S. 324 bis 471 m. 22 Abb. Preis 30 L.
4. Bd.: Calcolo delle molle. 268 S. m. 108 Abb. Preis 40 L.

Preis für Bd. 1 bis 4 120 L. zuzüglich Verpackung und Porto.

Der erste Band des Werkes behandelt als Einleitung die Werkstoffprüfungen. Im Hauptabschnitt ist das Stahlgefüge und die Wärmebehandlung des Stahles theoretisch praktisch erörtert. Dabei sind Stähle mit C, Si und Mg besonders berücksichtigt. Im nächsten Abschnitt werden Einzelheiten von Federn und ihrer Anwendung mitgeteilt. Hier sind die verschiedenen Federblattquerschnitte, die Gestaltung der Federenden, die Verbindung der Federblätter untereinander und Mittel dargestellt, um das Verschieben der Federblätter gegeneinander zu verhindern. Auch die Bauart der Hauptblätter für Eisenbahn-, Straßenbahn- und Kraftwagenfedern werden behandelt. Kürzer sind die zylindrischen und kegeligen Schraubenfedern, die Evolutfedern sowie Erzeugung und Verwendung von Scheibenfedern besprochen.

Im zweiten Band befaßt sich der Verfasser mit der Technologie der Blattfedern, der Neuanfertigung einer Feder, den Werkzeugen, den Kohlen- und Gasöfen, der Wärmebehandlung des Federendes und der Federmitte, den Öl- und Bleibädern usw. Dann werden die Arbeitsvorgänge beim Ausbauen, Aufarbeiten und Prüfen von gebrauchten Federn beschrieben.

Der dritte Band bespricht die italienischen Normen für die Prüfung von Federn im Vergleich zu denen der andern Länder, wie England, Frankreich, Deutschland, Österreich und Amerika, ferner die Maschinen für die Prüfung von Blatt-, Schrauben-, Evolut- und Scheibenfedern.

Im vierten Band wird die Berechnung von Federn für einige allgemein gebräuchliche Federarten behandelt.

Die zahlreichen Abbildungen des Buches rühren zumeist vom Verfasser selbst her. Als Lehrbehelf für Studierende und auch als Nachschlagewerk dürfte es gute Dienste leisten. [E 1985] Ing. Mathias.

Les matériaux de constructions civiles et des travaux publics. Tome I: **Les pierres naturelles et artificielles.** Von Edmond Marcotte. Paris 1928, Gauthier-Villars & Cie. 324 S. m. 82 Abb. Preis 40 Frs., Porto 3 Frs.

Das vorliegende Werk befaßt sich mit den natürlichen Gesteinen, den Erzeugnissen der Glasindustrie, den künstlichen gebrannten Steinen (Keramik) und mit den verschiedenen Verbindungen aus Bindemitteln und Zuschlägen. Der Verfasser gibt einen gedrängten Überblick über die Zusammensetzung und die Eigenschaften der natürlichen Gesteine und über die mechanischen und technologischen Prüfungsverfahren des Conservatoire des Arts et Métiers und der Ecole des Ponts et Chaussées. Auch auf die optischen und chemischen Untersuchungen sowie die Trennung der Gesteingemengteile wird kurz eingegangen.

Zahlenwerte über Druckfestigkeit, Elastizitätszahlen, Abnutzung (nach Deval) und Schlagfestigkeit von Gestei-

nen aus französischen und ausländischen Steinbrüchen sowie eine Tafel über die an Druckrestkörpern gemessenen Gleitwinkel verdienen erwähnt zu werden.

In den Abschnitten über Glas werden nach einigen geschichtlichen Angaben die Glassorten, ihre Eigenschaften, Verwendung, Klassifikation, Normung, Prüfung, ferner der Aufbau des Handels und die Doppelbrechung bei gespannten Gläsern besprochen. Aus dem Gebiet der keramischen Stoffe werden Rohstoffe und Erzeugung von Ziegeln, Klinkern, Dachziegeln, Kacheln, Porzellan, Rohren usw., ihre Eigenschaften, Normung und Prüfung auf Festigkeit beschrieben. Zuletzt werden die Verbindungen zwischen Bindemitteln und Zuschlagstoffen, Kalksandsteine, Asbestzement, Granitoidplatten, Steinholz, Schlackensteine, Gipssteine, künstlichen Marmor, Terrazzo, Stuck und Stahlbeton behandelt.

Ein Anhang enthält 10 kurze Aufsätze, z. B. über Natursteine für Bildhauer, die Granitindustrie, den rheinischen Traß, das Spiegelglas, die Wasserdichtung von Mörtel, Beton und künstlichen Steinen usw.

Das gut gegliederte Buch gibt einen vorzüglichen Überblick über diesen Teil der Werkstoffkunde und wird jeden Leser wegen seiner präzisen Ausdrucksweise erfreuen. Reichlichere Quellenangaben und ein Stichwortverzeichnis würden aber das Buch noch wertvoller machen.

[E 1996] H. Breyer, Dipl.-Berging.

Chemie in Einzeldarstellungen, 13. Bd.: **Die Körperfarben.** Von Hans Wagner. Stuttgart 1928, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 516 S. m. 39 Abb. u. 6 Farbentaf. Preis 36 *RM*.

Die Aufgabe, eine Übersicht über die gesamte Herstellung und Verwendung der Farbkörper vom technischen und wissenschaftlichen Standpunkt aus zu geben, hat der Verfasser durchaus gelöst. Umfangreiche Quellenangaben am Schluß jeden Abschnittes erleichtern es dem Leser, sich über die Dinge, die bei dem Mangel an Raum nur kurz behandelt sind, eingehender zu unterrichten.

Der erste Teil behandelt das Wesen, der zweite die Herstellung, der dritte die Verwendung, der vierte die Prüfung der Körperfarben. Wohl als erster in der Fachliteratur benutzt der Verfasser die Oswaldsche Farbenordnung; er begründet es damit, „daß uns gar kein anderes System zur Verfügung steht, das derartig wie das Oswaldsche für die Praxis zugeschnitten wäre". Leider hat er von der Umstellung des 100teiligen Farbtonkreises in einen 24teiligen mit dezimaler Unterteilung noch keine Kenntnis genommen.

Auf die Vereinheitlichung der Bezeichnungen für die Farben verzichtet der Verfasser. Er bezeichnet ferner mit I die beste und mit X die geringste Echtheit. Nachdem die Echtheitskommission der Textilindustrie sich entschieden hat, mit I die veränderlichsten und mit den höheren Zahlen die größten Echtheiten zu bezeichnen, sollte diese Reihenfolge auch in anderen Industrien benutzt werden.

Die Kritik, die der Verfasser an den künstlichen Lichtquellen übt, ist berechtigt. Es sind über diese, ebenso über Brechungsvermögen, Durchsichtigkeitsgrad und Dispersität, technisches Lasieren, technische Deckfähigkeitsbestimmung, Deckfähigkeit und Struktur noch viele Untersuchungen notwendig. Aus dem Widerstreit der Meinungen versucht Verfasser, das Wesentliche herauszuschälen.

[E 1978] F. A. O. Krüger

Exhaust Steam Engineering. Von Charles S. Darling. London 1928, Chapman & Hall, Ltd. 431 S. m. 214 Abb. Preis 30 sh.

Berichte aus dem Institut für Mechanische Technologie u[illegible] Materialkunde der Technischen Hochschule zu Berl[illegible] 1. H.: **Die Bestimmung der Dauerfestigkeit der knetbar[illegible] veredelbaren Leichtmetallegierungen.** Von Richard Wa[illegible]ner. Berlin 1928, Julius Springer. 63 S. m. 56 Ab[illegible] Preis 6 *RM*.

Handbuch der Appretur. Von Josef Bergmann. E[illegible]gänzt und herausgeg. von Chr. Marschik. Berlin 19[illegible] Julius Springer. 321 S. m. 286 Abb. Preis 36 *RM*.

Technische Fachausdrücke im Wirk- und Strickmaschine[illegible]bau und in der Wirk- und Strickwarenfabrikation. Bear[illegible] von Hans Meiner und Otto Willkomm. Deutsc[illegible] Englisch-Französisch. 4. Aufl. Apolda 1927, Rob. Bir[illegible]ner. 153 S. m. 50 Abb. Preis 10 *RM*.

Bauvorschriften für Flugzeuge. August 1928, herausge[illegible] von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. [illegible] Berlin-Adlershof, Selbstverlag. 142 S. Preis 5 *RM*.

Handbuch der Wasserversorgung. Von Erwin Groß. Mü[illegible]chen und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 427 S. m. 187 Ab[illegible] Preis 22 *RM*.

Statische Tabellen, Belastungsangaben und Formeln zur Au[illegible]stellung von Berechnungen für Baukonstruktionen. He[illegible]ausgeg. von Franz Boerner. 9. Aufl. Berlin 192[illegible] Wilh. Ernst & Sohn. 415 S. m. 370 Abb. Preis 9 *RM*.

RKW-Veröffentlichungen Nr. 29: **Planmäßige Absatzgesta[illegible]tung in der Landwirtschaft.** Von Otto Jüngst. Berli[illegible] 1928, herausgeg. vom Reichskuratorium für Wirtschaf[illegible]lichkeit. 147 S. m. 83 Abb. Kostenlos zu beziehen durc[illegible] die Nachrichtenstelle des RKW, Berlin NW 6.

Tschechisch-Deutsches und Deutsch-Tschechisches **Tech[illegible]nisches Wörterbuch** aller Fächer. 4. Aufl. Von Ja[illegible] Jindra. 2. Bd.: Deutsch-tschechischer Teil. 1. Lfg[illegible] Prag 1928, Nakladatel E. Weinfurter. 64 S. Preis 9,60 K[illegible]

ATF-Mitteilungen des Ausschusses für Technik in der Forst[illegible]wirtschaft. 1. H., August 1928. Berlin 1928, Verlag „De[illegible] Deutsche Forstwirt". 82 S. m. Abb. Preis 2 *RM*.

Veröffentlichungen der BEWAG. 2. R. 7. Bd.: **Jahrbuch de[illegible] Verkehrsdirektion 1927.** Herausgeg. von den Berline[illegible] Städtischen Elektrizitätswerken A.-G. 115 S. m. 77 Abb[illegible] Nicht im Buchhandel.

Österreichisches Montan-Handbuch 1928. 9. Jg. 1. T.: Sta[illegible]tistik des Bergbaues für das Jahr 1927; 2. T.: Die Kohlen[illegible]wirtschaft Österreichs im Jahre 1927. Herausgeg. vo[illegible] Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs. Wien 1928[illegible] Verlag für Fachliteratur. 195 S. Preis 12 *RM*.

Schweizer Schriften für rationelles Wirtschaften, 7. Bd.: **Wirtschaftsfragen industrieller Unternehmungen.** Vo[illegible] I. Bally, E. Böhler, M. Saitzew und E. Weidmann. Zürich 1928. 171 S. Preis 6 Fr. 8. Bd.: **Le développement de la psychotechnique en Suisse.** Vo[illegible] A. Carrard. Zürich 1927, Hofer & Co. 47 S. Preis 3 Fr.

Methodische Einführung in die Grundbegriffe der Geologie. Von Otto Schneider. Stuttgart 1928, Ferdinand Enke. 177 S. m. 188 Abb. Preis 3,80 *RM*.

Braunkohlen-Anhaltszahlen. 2. Ausg. (1928). Herausgeg. vom Rheinischen Braunkohlen-Syndikat, Köln. Selbstverlag. 80 S. Preis 2,50 *RM*.

Elementar-Handbuch des Rundfunkhörers. Von Walther H. Fitze. Berlin 1928, Rothgiesser & Diesing. 84 S. m. Abb. Preis 1,50 *RM*.

Kurzwellenverkehr. Ein Handbuch für den Amateur nach dem Stande vom 1. Januar 1929. Von Hans W. Priwin. Berlin 1928, Rothgiesser & Diesing. 78 S. Preis 1,30 *RM*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

EITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

. 72 SONNABEND, 17. NOVEMBER 1928 Nr. 46

Ein Jahrhundert technischen Fortschrittes

Von Sir James Alfred Ewing, Edinburgh

Vorgetragen anläßlich der Jahrhundertfeier der Institution of Civil Engineers am 4. Juni 1928 in London

(Ins Deutsche übertragen von Prof. Dr.-Ing. P. Rieppel, München)

Im Mittelpunkt der Jahrhundertfeier des ältesten Ingenieurvereines der Welt, der Institution of Civil Engineers, am 4. Juni 1928 in London, stand der Vortrag von Sir James Alfred Ewing „A Century of Inventions". Die Persönlichkeit des Vortragenden sowie der Zuhörerkreis, der sich aus den Vertretern der großen Ingenieurvereine der Welt, der technischen Wissenschaft und Forschung aus den verschiedensten Kulturstaaten zusammensetzte, gaben dem Vortrag eine besondere Bedeutung. Jedem Zuhörer werden die tiefdurchdachten und auf eignem Erleben des großen englischen Forschers sich aufbauenden Ausführungen unvergeßlich bleiben. Die von hohem sittlichem Ernst getragenen Worte am Schlusse des Vortrages über das Unglück des Krieges und die Verantwortlichkeit des Ingenieurs machten den tiefsten Eindruck auf alle Anwesenden. Durch immer wieder erneuerten Beifall stimmten die Vertreter der Ingenieurwelt der hohen Auffassung des Ingenieurberufes zu.

Wir danken dem Vortragenden und der Institution of Civil Engineers für die Erlaubnis, diesen Vortrag den deutschverstehenden Ingenieuren durch unsre Zeitschrift zu vermitteln, und wir sind Herrn Professor Dr.-Ing. P. Rieppel, München, verpflichtet für die Sorgfalt, die er der sinngetreuen Übertragung ins Deutsche gewidmet hat. *Die Schriftleitung.*

Vor langer Zeit, als das 19. Jahrhundert seinem Ende zuging, hielt ich einen James Forrest-Vortrag. Wenn ich heute wieder die Ehre habe, vor Ihnen sprechen, so geschieht dies unter wesentlich größerer t der Verantwortung; denn dieses Mal gilt der Vortrag erer Jahrhundertfeier.

Damals stand es mir frei, ein Teilproblem meines enge- Fachgebietes vorzutragen, und ich berichtete über den ammenhang eines Zweiges der abstrakten Wissenschaft dem praktischen Ingenieurwesen. Heute stehen wohl nfalls solche Zusammenhänge zur Erörterung, aber Thema ist mir unendlich viel weiter gestellt worden.

Während ich seinerzeit noch jung war und selbst mit- eitete, bin ich heute als alter Mann im wesentlichen nur Beobachter geworden, der bestenfalls seinen Armstuhl das Rampenlicht rückt, um sich mit den Zuhörern über Schauspiel zu unterhalten. Denn ein Spiel ist es, das uns bietet — ein Spiel ohne Ende, ohne Pause, ohne ahmung des Interesses. Dabei wird aber die Bühne ner größer, die Zahl der Spieler wächst, und es geht viel vor sich, daß selbst der aufmerksamste Kritiker em Drama, das täglich verwickelter und umfassender d, kaum folgen kann. Er muß sich damit begnügen, elnen Ausschnitten sein Augenmerk zuzuwenden.

Als Thema des heutigen Vortrages schlug unser Aus- uß die Erörterung eines Wortes von Thomas Tredgold , der 1828 in einer Denkschrift sagte: „Ziel und Nutzen Ingenieurwesens wird durch jede Entwicklung auf senschaftlichem Gebiet erweitert werden; seine Hilfs- el werden durch jede Erfindung auf physikalischem r chemischem Gebiet eine Stärkung erfahren."

Wohl selten hat die Entwicklung der Dinge eine phezeiung in solchem Ausmaß bestätigt wie diesen spruch Tredgolds. Die Geschichte des Ingenieur- ens während des seit damals verflossenen Jahrhun- ts zeigt in den Hauptzügen, wie seine Worte erfüllt den. Tatsächlich hat jeder Fortschritt auf rein wissen- aftlichem Gebiete den Ingenieur befähigt, die materielle lt in noch höherem Maße zu beherrschen, und Ent- kungen, die für das engere Ingenieurgebiet zunächst ganz unwesentlich erschienen, haben neue Ausgangspunkte geschaffen und nicht vorhersehbare Wege aufgezeigt, um die vielseitige Kunst des Ingenieurs zu erweitern.

Es ist allerdings fraglich, ob Tredgold mit all seiner Sehergabe auch die andere Seite des Bildes, nämlich die fruchtbare Gegenwirkung erkannte, wodurch die Wissenschaft selbst wieder ihren Vorteil zog. Wir jedenfalls sind heute imstande, diese Wirkungen und Gegenwirkungen klar zu erkennen. Wir sehen, wie wissenschaftliche Entwicklungen durch praktische Ansprüche gefördert und ausgelöst werden, wie Erfindungen, die ursprünglich nur dem Bedürfnis der Allgemeinheit dienen sollten, den Horizont der Wissenschaften erweiterten und ihr neues Werkzeug für die Forschungen an die Hand gaben. Heutzutage gehen Theorie und Praxis so Hand in Hand, daß es oft schwierig ist, sie in diesem Vormarsch zu trennen. Wer könnte sich unterfangen, das Verdienst für die Fortschritte in der Chemie, in der Metallkunde, in der Wärme und Elektrizität zwischen dem Forscher, der der reinen Wahrheit nachgeht, und dem Manne zu teilen, der die praktische Anordnung anstrebt?

Ein Rückblick zeigt uns, daß tatsächlich von Anfang an diese Wechselbeziehung bestanden hat, vielleicht nicht so dauernd wirkungsvoll wie heutzutage, noch auch so klar erkannt und zugestanden, aber doch oft von großem Einfluß. Von den ersten bescheidenen Anfängen an haben sich Physik und Ingenieurkunst Seite an Seite entwickelt, und im Weiterschreiten wurde ihr Zusammenhang immer enger, vor allem seit sie den Nutzen ihrer Wechselbeziehungen erkannt haben. 100 Jahre zuvor waren sie beide wie störrische Kinder, die gewissermaßen in getrennten Kinderzimmern spielten, die sich manchmal trafen und sich vielleicht auch manchmal zusammen stritten. Jetzt sind sie erwachsen und haben sich zu kraftvollen Teilhabern einer Firma zusammengeschlossen; sie sind sich, wie das bei Partnern der Fall sein mag, bewußt, daß Unterschiede im Temperament, im Geschmack, in der Betrachtungsweise bestehen, aber sie sind sich vor allem auch der Stärke bewußt, die ihnen aus ihrer Zusammenarbeit erwächst.

Was ich Ihnen heute geben kann, ist nur ein Überblick, wie er sich dem Flieger bietet, nur ein Bild aus der Vogelschau. Ihre Vorstandschaft hat hierfür einen alten Vogel gewählt, der nicht mehr so flügelstark ist wie früher; aber er hat dafür den zweifelhaften Vorzug, daß er mehr als ein halbes Jahrhundert vorüberziehen sah seit der Zeit, als er seine technische Lehrtätigkeit begann.

Ich war noch ein Junge, als der Satz von der Erhaltung der Energie gefunden wurde. Wie ein neues Evangelium brachte er damals Licht in das Dunkel der bisherigen Versuche, mechanische Erscheinungen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Meine Erinnerungen reichen in die Zeit zurück, in der es noch keine Ölmaschinen, Dynamos, Elektromotoren und Umformer gab. Die einzige praktische Anwendung des elektrischen Stromes war damals der Telegraph, während die Bogenlampen als wissenschaftliche Kuriosität betrachtet wurden und man vom Telephon noch nichts wußte. Es bedeutet immerhin etwas, mit angesehen zu haben, wie das Elektrizitätswesen vom schüchternen Anfang bis zu seiner jetzigen Größe allmählich sein ganzes Gepränge vor den Augen des Zuschauers ausbreitete und wie der Traum in Erfüllung ging, die Kraft von Zentralstellen aus zu verteilen. Es bedeutet etwas, Zeuge gewesen zu sein, der ganzen Entwicklung der Dampfturbine und ihrer Verwendung zu Land und zu Wasser, beobachtet zu haben, wie die Verbrennungsmaschine als bescheidener Verbündeter des Dampfes anfing und nach und nach sich in einen ernsthaften Gegner verwandelte, nachdem sie eine soziale Revolution hervorgerufen hatte dadurch, daß sie den Straßentransport leicht und den Lufttransport möglich gemacht hatte. Diese Dinge sind Ihnen allen vertraut; aber auf uns Ältere wirken sie soviel stärker, da wir ihr Entstehen beobachteten und eine einfachere, schlichtere Welt kannten, bevor sie kamen. Für mich, der seine Ingenieurpraxis mit der Telegraphie der frühen siebziger Jahre begann, bedeutet es viel, Zeuge der Zauberei gewesen zu sein, die das Verkehrswesen so umgestaltete, daß das gesprochene Wort buchstäblich bis ans Ende der Welt reicht.

Aber in unserem Rückblick müssen wir weiter zurückgehen als bis zur Reichweite selbst des größten persönlichen Gedächtnisses. Wir wollen uns zunächst vergegenwärtigen, was im Jahre 1828 unter Ingenieurwesen verstanden wurde, was seine Beziehung zur damaligen Wissenschaft und was tatsächlich zu dieser Zeit der Stand der Wissenschaft gewesen ist.

Die Ingenieure jener Zeit befaßten sich hauptsächlich mit dem Bau von Straßen, von Brücken und Kanälen; das Zeitalter der Eisenbahn fing gerade an. Macadam wurde damals zum obersten Leiter des Straßenbaues ernannt und hat zusammen mit Telford — unserem ersten Präsidenten — dafür gewirkt, daß die Wege aus hoffnungslosen Pfützen in feste Straßen verwandelt wurden. Zu dieser Zeit war es noch etwas Ungewöhnliches, Brücken aus Eisen zu bauen — die von Rennie konstruierte Southwark- und die Waterloo-Brücke, sowie die Kettenbrücke der Manai-Straße, eine Schöpfung Telfords, waren Ausnahmen — man verwandte Steine für diese Pionierarbeiten einer früheren Epoche, sowohl für Brücken wie auch für Leuchttürme, Docks, Hafenbauten.

Ein weiteres Arbeitsgebiet der Ingenieure war damals der Bau von Kanälen. Sie haben England mit einem Netzwerk von Wasserwegen bedeckt, dessen wirtschaftliche Bedeutung wir als die Kinder eines anderen Zeitalters schwer richtig einschätzen können. Während ungefähr eines halben Jahrhunderts, das dem Tag, dessen Erinnerung wir feiern, vorausging, wurden Kanalprojekte mit derselben Begeisterung gefördert, welche später die schaftliche Erfolg einiger Spekulationen war so offen- Entwicklung der Eisenbahnen begleitete. Der wirtsichtlich, daß er eine „Kanalsucht" hervorrief, ein Spekulationsfieber, das wir uns jetzt kaum mehr vorstellen können, wenn wir diese stillen Überbleibsel einer überwundenen Nützlichkeit betrachten. Tatsächlich konnte aber in den Jahren, bevor die Eisenbahnen eröffnet wurden, ein weitsichtiger Spekulant in Kanalaktien nicht weniger Gewinst einstreichen, als die m dernen Waghälse, die in Kunstseide oder Marconiakti spekulieren. Die Kanäle gingen an ihren Erfolgen z grunde. Sie zogen ein öffentliches Bedürfnis groß, dessen Befriedigung sie nicht ausreichten; infolgedess wurde die Menschheit gezwungen, eine Lösung zu find und fand sie durch Schaffung der Eisenbahnen. So se man an den Kanälen auch interessiert war, dieses Int esse konnte nicht das Aufkommen einer geeigneteren u rascheren Beförderungsart verhindern.

Die Stockton – Darlington-Linie wurde als erstes de artiges öffentliches Unternehmen schon 1825 eröffne es dauerte aber doch bis 1829, bis durch Stephenso „Rocket" bei dem Wettrennen auf einer Strecke d Liverpool – Manchester-Eisenbahn die viel erörter Frage entschieden wurde, ob Dampflokomotiven praktis brauchbar seien. Damals wurden auch die allgemein Richtlinien für den Bau von Lokomotiven festgelegt.

Die Dampfmaschine, zuerst nur eine Vorrichtung, u Wasser aus Bergwerken zu fördern, wurde durch Wa und seine Nachfolger dazu ausgebaut, die Werkzeu maschinen in den Fabriken anzutreiben. So wurde sie e mächtiges Hilfsmittel der industriellen Revolution, die a die napoleonischen Kriege folgte.

Watts Vorurteil gegen die Verwendung von Hoc druckdampf beherrschte aber für lange Zeit die englisc Praxis. Dessen ungeachtet hat Jakob Perkins, der v einem Zeitgenossen als „ein Experimentator ungewöh lichen Schlages" gewürdigt wird, schon vor 1828 Drüc gewagt, die noch heute als sehr hoch angesehen werde Er stellte eine Dampfkanone aus, die unter einem Dru von 65 at nahezu 1000 Flintenkugeln pro Minute entsandt Aber Perkins war einer jener unglücklichen Erfinde die vor ihrer Zeit geboren waren.

Wesentlich für uns ist die Feststellung, daß in jen Zeit die Dampftheorie selbst noch weiter in den A fangsgründen zurücklag als die Praxis; die erste En wicklung der Dampfmaschine ging vor sich, ohne daß d Eigenschaften des Dampfes selbst bekannt gewesen wäre Carnots prächtige Abhandlung über die treibende Kra der Wärme war zwar bereits geschrieben worden, konn sich aber nicht durchsetzen. Ihre Bedeutung wurde nic gewürdigt. Die Grundlagen der Thermodynamik mußte damals erst geschaffen werden.

Man stelle sich vor, daß die damaligen Damp maschinenbauer keine Ahnung davon hatten, daß s Wärme in mechanische Arbeit umwandelten. Es hat noc viele Jahre gedauert, bis der Begriff der Energie a etwas, was weder erzeugt noch zerstört werden kann, e anerkannter Teil der Naturerkenntnis wurde. Dama hatte Joule noch nicht das Gesetz des mechanische Wärmeäquivalents aufgestellt und auch die ersten E kenntnisse der Wärmetheorie waren noch nicht vo Kelvin, Rankine und Clausius formuliert. Aber d Ingenieure können für sich in Anspruch nehmen, daß s durch ihre Arbeit die Wege zu dieser Erkenntnis geebne haben, sowohl durch die Erfindung und den Gebrauch de Indikators, wie auch durch die Einführung der von Wat formulierten Pferdestärke und durch das geradezu sport liche Interesse unserer Zechenbesitzer, die eine „Pflicht ziffer" für ihre Maschinen aufstellten, eine Ziffer, di das Verhältnis von dem, was wir heute die geleistete A beit nennen, zu dem Verbrauch von Kohle ausdrückte

Ich betone: von dem, was wir heute „geleistete A beit" nennen; denn merkwürdigerweise hat vor 100 Jah ren das Wort Arbeit noch nicht die Bedeutung erworben die wir ihm heute beilegen. Erst 1841 hat Whewell, de seinerzeit einen anerkannten Ruf als technischer Schrift steller hatte und als Polyhistor galt — eine Sache, di damals eher möglich war als heute —, eine Abhandlun über Ingenieurmechanik für den Gebrauch an Univer sitäten und Ingenieurschulen veröffentlicht. In diesen Buch handelt ein Kapitel von der „Arbeitskraft". Dies is tatsächlich nichts anderes als das, was wir heute Arbei nennen. Der Verfasser sagt, daß die Arbeitskraft durc das Produkt des überwundenen Widerstandes und de Strecke, über welche dieser Widerstand überwunde wird, gekennzeichnet sei, und fügt hinzu, daß Poncele

und andre französische Ingenieure sie mit Travail, d. h. Arbeit, bezeichnen. Aber obwohl der englische gleichwertige Begriff klar zu Tage lag, dauerte es doch lange, bis er in unsre wissenschaftliche Terminologie Eingang fand.

Wenn man die technische Literatur dieser Periode überblickt, so kann man nur Mitleid für die Ingenieurstudierenden empfinden. Naturwissenschaftler und Ingenieure gingen mühsam ihre Irrwege, um mechanische Einsichten zu erringen, die ihnen damals im gleichen Maße fremd waren, wie sie uns heute geläufig sind. Die mathematische Elastizitätstheorie kam 1821 auf, als zum erstenmal Navier die Gleichungen für den Gleichgewichtszustand elastischer Körper aufstellte. Navier hatte wohl ausgezeichnete Kollegen unter den andern französischen Mathematikern, aber zwischen diesen und den törichten Praktikern von Westminster war ein Unterschied, der weit über den durch die Sprache und die politische Einstellung gegebenen hinausging. Ihre Wege waren nicht unsre Wege. Tredgold ging in einer Vorrede zu seinem Buch „Abhandlung über die Festigkeit von Gußeisen“ so weit, den Gebrauch von Spannungslinien als etwas Ungesundes zu verdächtigen. Offenbar betrachtete er den Differentialquotienten als ein Mittel, ein gewolltes Resultat zu erzwingen, und nicht als eines, mit dem das Urteil überzeugend zu beeinflussen wäre. Dieses Vorurteil gegen mathematische Hilfsmittel blieb für lange Zeit eine bedenkliche Benachteiligung für die britischen Ingenieurstudenten. Lehrer mißbrauchten ihren Scharfsinn, um mathematische Entwicklungen lächerlich zu machen. Sie brachten den Studenten oft dazu, Mathematik als etwas Mystisches und Unzugängliches zu betrachten und lehrten ihn, ein unumgängliches Geisteswerkzeug eher zu vermeiden, als es zu gebrauchen. Heute allerdings ist dieser Zustand überwunden, und wir danken dies nicht zum wenigsten der unkonventionellen, aber wirksamen Lehrmethode des Professors Perry.

Ebenso wie die Mechanik und die Wärmelehre steckte auch die Elektrizitätslehre in ihren Kinderschuhen. In Ingenieurzeitschriften wurden Chimären, wie die diskutiert, daß es möglich sei, ein Schiff durch den Verbrauch von ein wenig Zink in einer galvanischen Batterie zu betreiben. Ein sanguinischer Erfinder schätzte die Kosten des Schiffsantriebs auf diese Weise auf 3⅓ Schilling täglich. Das Ohmsche Gesetz wurde zwar im Jahre 1825 formuliert, aber da Maßeinheiten und Meßinstrumente fehlten, wurde seine Bedeutung nicht erkannt. Erst als die telegraphische Übertragung ihre Anforderungen stellte, gingen Ingenieure und Physiker daran, die elektrischen Einheiten in ein logisches System zu bringen; sie bestimmten ihre Größe, setzten Standardgrößen fest und einigten sich auf praktische Methoden, die elektrischen Größen mit diesen zu vergleichen. Dieses Werk wurde anfangs der 60er Jahre in Angriff genommen, hauptsächlich auf Grund der Forschungen von William Thomson (Lord Kelvin), und wurde durch das Komitee der British Association durchgeführt, bei dem der Physiker Maxwell und der Ingenieur Jenkins als Sekretäre mitwirkten. Dieses Komitee hat sowohl dem reinen Wissenschaftler und Forscher als auch dem praktischen Ingenieur unschätzbare Dienste geleistet.

Die Möglichkeit zu messen ist, wie Lord Kelvin zu sagen pflegte, in jeder Disziplin der erste Schritt zu wissenschaftlicher Erkenntnis. Solange man nicht die Mengen messen und in Ziffern ausdrücken kann, kann man wohl am Beginn einer Erkenntnis stehen, aber man darf nicht für sich in Anspruch nehmen, die ersten Stufen der Wissenschaft erreicht zu haben. Nicht nur in der Elektrizitätslehre, auch in der Mechanik und der Wärmelehre, in allen Disziplinen, die Ingenieure und Physiker gemeinsam behandeln, konnte nur durch das Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis die Kunst des Messens entwickelt werden. Ganz im Anfang stand die Geometrie, und das Wort selbst erzählte seine Geschichte, indem es uns daran erinnert, daß der Ursprung der Mathematik das praktische Bedürfnis war, Land zu vermessen. Durch das ganze Jahrhundert, das wir nun überblicken, sehen wir diese Gemeinschaft von Wissenschaft und Praxis, wie sie sich gegenseitig befruchten und Vorteil bieten.

Um den Bedürfnissen der Ingenieure zu genügen, brachte Withworth Exaktheit in mechanische Anfertigung, indem er zum erstenmal eine genau gradlinige Kante, eine wirklich ebene Oberfläche, eine exakte Schraube verfertigte. Aber dieser Fortschritt diente in gleicher Weise auch der Wissenschaft. Erst dadurch nämlich wurden die Mittel geschaffen, um messen zu können, um Einheiten und Lehren aufzustellen, die heute sowohl im Laboratorium als in der Werkstätte als etwas Selbstverständliches erscheinen. Unsere Kenntnis der physikalischen Konstanten sowohl wie der Materialwerte, unsre Einheiten, unsre Maßstäbe, Instrumente und Prüfeinrichtungen aller Art entspringen zum größten Teil der Verbindung von Wissenschaft und Praxis. Sie erlauben der Wissenschaft, exakt zu arbeiten, und dem Ingenieur gestatten sie, Einheitsmaße zu benutzen.

Als die an den Dampfmaschinenbau gestellten Anforderungen immer stärker zunahmen, unternahm Regnault seine Untersuchungen über Dampfeigenschaften und veröffentlichte 1847 seine Tafeln und Tabellen, die auf lange Zeit hinaus ein klassisches Werk für den Ingenieur blieben. Heute allerdings haben uns die Arbeiten von Callendar, Mollier und andern eine genauere und weitergehende Kenntnis dieser Eigenschaften vermittelt, als Regnault sie erreichen konnte; denn er war durch die Unzuverlässigkeiten der damals noch unentwickelten Wärmemessungen zu stark behindert. Die Wissenschaft der Wärmemessung bekam erst sicheren Boden, als Kelvin die absolute Temperatur einführte, eine glänzende wissenschaftliche Eingebung, die sich durch die ganze Physik und Chemie wie ein goldener Faden hindurchzieht. Sie führte den Ingenieur zu den endgültigen Begriffsbestimmungen des thermodynamischen Wirkungsgrades, und tatsächlich kam diese Inspiration auch beim Forschen über die Wirkungsweise von Wärmemaschinen.

Die Bedürfnisse des Schiffbaues ließen Froude das Problem des Schiffswiderstandes anpacken; so kam er auf die Methode der Versuchstanks und zeigte, wie Messungen an kleinen Modellen durch Anwendung dessen, was wir heute das Gesetz dynamischer Ähnlichkeit nennen, Schlüsse auf die Kraft zulassen, die nötig ist, um ein beliebiges Schiff mit beliebiger Geschwindigkeit anzutreiben. Und in Tagen, die noch nicht soweit zurückliegen, wurden die gleichen Grundsätze im Windkanal angewandt, um die Wirkung des Windes an Modellen zu studieren. Dadurch wurde ein mächtiges Hilfsmittel für das Flugwesen geschaffen und eine Wissenschaft entwickelt, deren Anfang viele von uns mitgemacht haben und deren rapide Entwicklung uns von Tag zu Tag neues Interesse abzwingt.

Eine neue Kunst, die des Fliegens, tritt als selbstverständlich in Erscheinung; sie wird sofort ein Zweig der angewandten Wissenschaft; und die lange Periode empirischer Entwicklung, welche die älteren Diziplinen durchzumachen hatten, um langsam sich den Weg ans Licht zu erzwingen, bleibt ihr erspart.

Wenn wir heute den privaten Unternehmungsgeist durch die staatlichen Forschungsorganisationen ergänzen, so geschieht das sowohl, um der Ingenieurkunst wie auch der reinen Wissenschaft zu helfen, wobei wir allerdings zugestehen müssen, daß wir in dieser Beziehung etwas langsam dem Beispiel unsrer kontinentalen Nachbarn folgten. Das National Physical Laboratory wurde durch die gemeinsamen Anstrengungen von Physikern und Ingenieuren geschaffen. Glücklicherweise stand von Anfang an ein Mann an seiner Spitze, dem beide Gedankenrichtungen vertraut waren und der dank seiner Führereigenschaften ein Institut errichtete, dessen Arbeit autoritativ und dessen Einfluß auf die wissenschaftliche Entwicklung der Ingenieurkunst tiefschürfend war und noch ist. Sir Richard Glazebrook hat hierüber selbst in seiner Vorlesung berichtet, die er hier vor fünf Jahren gehalten hat, und die den Titel führte „Der Zusammenhang von abstrakter Wissenschaft und Ingenieurkunst“. Niemand hätte mit genauerem persönlichen Verständnis und mit größerer Erfahrung über dieses Thema sprechen können. Er war es, der den Wert des Laboratoriums so eingehend zeigte, daß es von einem halb staatlichen zu einem staatlichen Institut

und schließlich zu einer wirklich nationalen Einrichtung wurde, die einem neuen Verwaltungszweig, der Abteilung für wissenschaftliche und industrielle Forschung, unterstellt wurde.

Diese im Jahre 1916 eingerichtete Abteilung bleibt uns als ein segensreiches Legat des Krieges — als ein bemerkenswerter Posten auf der Kreditseite des Unternehmens, das hauptsächlich aus Debetposten besteht. Der Krieg hat die Gedanken der Menschheit wie nie zuvor auf die mechanischen Probleme gelenkt. Probleme, die früher nur solche des Luxus oder der Bequemlichkeit waren, wurden, und zwar plötzlich, zu Fragen von Leben und Tod der Nation. Physiker und Mathematiker mit ihren oft ganz abstrakten Gedankengängen mußten aus den Wolken herab zur Erde steigen und um lebenswichtiger Zwecke willen den Tatsachen Auge in Auge gegenübertreten. Wie die Allgemeinheit überhaupt, bekam auch die angewandte Wissenschaft ein neues Gesicht. Bis dahin hatte die Wissenschaft der Allgemeinheit wenig gegolten. Jetzt aber betrachtete man sie mit den Augen eines Mannes, der im Kampf mit dem Wasser eine rettende Planke erblickt. Forschungen und die Folgerungen aus den Forschungen, denen man bisher gleichgültig gegenüberstand, wurden als ein Weg zur Rettung begrüßt. Nicht nur eine Rettung vor der unmittelbaren Drohung des Unterganges selbst, sondern späterhin auch als eine Rettung vor der verheerenden Gefahr internationalen Wettbewerbs und vor den Belastungen der Industrie durch Verschwendung und Verschuldung. Die Intelligenz der Nation wurde wachgerufen, blinde Augen wurden geöffnet, und die Forschungsabteilung tut das ihre, sie offen zu halten. Man braucht nur einen Blick in die jährlichen Berichte zu tun, um das Maß ihrer Tätigkeit zu würdigen. Sie unternimmt Forschungen in einem Ausmaße, wie kein Privatmann sie unternehmen könnte. Hauptsächlich wirkt sie dabei durch ihre Ausschüsse, in denen Fachleute der betreffenden Industrie mit Leuten von wissenschaftlichem Ruf höchst wirkungsvoll, wie ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, zusammengehen.

Eine wichtige Aufgabe sieht das Institut auch in der Unterstützung junger Forscher und leistet damit wertvolle Erziehungsarbeit. Wir dürfen allerdings nicht vergessen, daß die Forscher der wirklich guten Sorte wie die Dichter sind. Sie werden als solche geboren und nicht erzogen. Ist aber der rechte Mann einmal gefunden, so ist seiner Schöpfungskraft keine Grenze gezogen. Er kann der Welt eine neue Idee geben, er kann eine neue Industrie ins Leben rufen, er kann sich selbst einen Namen machen, er erwirbt, gewöhnlich aber für andere, ein Vermögen. Erst kürzlich ist in den großen wirtschaftlichen Konzernen die Praxis aufgekommen, sich die Dienste einer Gruppe von Forschern zu sichern und die beste Laboratoriumseinrichtung zu ihrer Verfügung zu halten. Wir können erfreulicherweise feststellen, daß dieses Vorgehen sich bezahlt macht. Manche Gesellschaften sind klug genug, den Forschern freie Hand zu lassen und sie nicht auf die Gesichtspunkte des unmittelbaren Nutzens zu beschränken. Es gibt bemerkenswerte Beispiele, wo dieses Vorgehen zu Entdeckungen und Erfindungen geführt hat, die eine solche Politik von der wirtschaftlichen Seite aus mehr als rechtfertigen.

Vor 30 und mehr Jahren war ich Professor des Ingenieurwesens. Damals war man ein Missionar, ein Prediger des Wertes theoretischer Schulung. Gerade den Anhängern der alten Daumenregel hatte man unablässig zu predigen, daß die auf wisenschaftliches Studium verwandte Zeit durchaus nicht verschwendet sei. Heute hat sich das geändert. Die jüngere Generation technischer Lehrer kann sich kaum mehr vorstellen, wie vorsichtig und zurückhaltend wir, die wir einer weniger erleuchteten Zeit angehörten, um Duldung zu bitten hatten, als hätte es unserer eigenen Existenz gegolten. Für mich bedeutete es den Beginn einer neuen Zeit, als der Leiter einer großen Ingenieurfirma mich aufforderte, ihm doch regelmäßig einige meiner jungen Leute zu schicken. Heute kommen die Vertreter der großen Unternehmungen zu den glücklicheren Professoren der Jetztzeit, um von vornherein schon Namen und Eignung der Studierenden kennen zu lernen, die erst dabei sind, ihr Examen abzulegen. Die Vielversprechenden werden verpflichtet, alle scheinen sofort Anstellung zu erhalten. Sie werden für ihre Arbeit bezahlt anstatt daß sie selbst für die Gunst, Einführung zu finden, bezahlen müssen. Denn tatsächlich haben sie noch vieles zu lernen, was eine Vorlesung sie nicht lehren kann.

Aus all dem geht hervor, daß die Ingenieure erkennen, wie wichtig und wohltätig die Verbindung von Wissenschaft und Praxis ist. Mehr als das, der dauernde Zustrom so erzogener junger Leute vermittelt eine immer engere Verbindung, eine immer schnellere Reaktion zwischen der wissenschaftlichen Betrachtungsweise und der Welt der Konstruktion und der Zeichnung.

Von Zeit zu Zeit finden wir in der Geschichte der Ingenieurkunst eine neue Idee geboren, die dem ähnelt, was die Biologie eine Artveränderung, einen Entwicklungsknick nennt. Sie gibt dem Prozeß erfinderischer Entwicklung eine unerwartete Wendung. Niemand kann mit Sicherheit die Kurve technischen Fortschrittes extrapolieren, denn ihre Richtung unterliegt unberechenbaren Änderungen. Einerseits müssen wir jederzeit auf einen solchen Entwicklungsknick, auf einen frischen Ausgangspunkt gefaßt sein, anderseits ist die wissenschaftliche Methode dauernd am Werk, um in steter Hilfsbereitschaft das zu verbessern, was uns bereits geläufig erscheint. Auf diese Weise fühlen wir den Einfluß der Wissenschaft in doppelter Art: einmal in gelegentlichen besonders augenfälligen Ereignissen, durch die bisher nicht durchströmte Kanäle geöffnet werden, das andere Mal in der geruhigen Führung bekannter Strömungen, denen größeres Volumen und ein günstigerer Lauf gegeben wird.

Die Metallurgie bietet bekannte Beispiele für solche Entwicklungsknicke. Als man in immer größeren Mengen Stahl für Eisenbahnschienen, für Kessel und auch für Schiffe brauchte, konnte die Puddeleisenerzeugung nicht mitkommen. Bessemer griff 1856 als Außenseiter das Problem auf und brach völlig mit den bisherigen Gepflogenheiten. Seine Methode war kein Zufall, sie war das Ergebnis wissenschaftlichen Denkens, sie bedeutete nach Überwindung der Anfangsschwierigkeiten einen Entwicklungsknick.

Wenige Jahre später wurde der Siemens-Prozeß erfunden, ebenfalls als Ergebnis wissenschaftlicher Überlegungen und ebenfalls ganz neu und Ausgangspunkt einer ganz neuen Entwicklung. Diese letztere Entwicklung wurde auch in jüngerer Zeit, besonders durch die Elektrizität, die neue Ofentypen geschaffen hat, außerordentlich gefördert. Tatsächlich ist heute der Metallurge in der Lage, nahezu jeder Materialforderung zu genügen, — handle es sich um ein Metall, dessen Temperaturkoeffizient vernachlässigbar klein ist, um einen Stahl, der keine magnetischen Eigenschaften annimmt, ein Metall, das besonders leicht und zäh, oder ein solches, das im weitesten Maße aufnahmefähig für schwache magnetische Felder sein soll. Wir sehen immer wieder aufs neue die erstaunliche Vielfältigkeit kennzeichnender Eigenschaften, die in einem Metall erzeugt werden können. Das Studium der Metallegierungen ist ein ungeheures Feld für die Forschung geworden. Die Hilfsquellen der Chemie und Physik stehen hier dem Ingenieur zu Diensten, um für nahezu jeden Sonderzweck durch Mischung und Mischbehandlung ein bestimmtes Produkt zu erzeugen.

Vor einem Jahrhundert war die Entwicklung der Dampfmaschine noch nicht aus dem empirischen Stadium herausgekommen. Eine Wandlung kam bald nach 1850, als die Menschheit anfing, die Energie als etwas unzerstörbares und primäres zu betrachten. Die mechanische Wärmetheorie wurde begründet, und 1859 veröffentlichte Rankine sein Handbuch der Dampfmaschine. Kelvin entdeckte von neuem den Carnot-Prozeß und dieser Kreislauf wurde als das ideale, praktisch nicht zu übertreffende Kriterium erkannt. Die Ingenieure bemühten sich, ihre Maschinen durch die Verbundwirkung diesem Ideal näher zu bringen, durch die Überhitzung und andre Mittel die vermeidbare Verschwendung zu vermindern. Ebenso bemühten sie sich, die Temperaturspannung zwischen Einführung und Abgabe des Treibmittels zu vergrößern; denn das Wärmegefälle zwischen diesen

Größen ist ein Maßstab dafür, wieviel von der Wärme in Arbeit umgesetzt werden kann. Die Drücke der Dampfkessel wurden höher und höher gesetzt, und dieser Prozeß ist heute noch nicht zu Ende. Ein Ausschuß unseres Vereines wirkte für Einführung des Rankine-Kreisprozesses als Basis zum Vergleich mit den Ergebnissen von Versuchen. Dieser Prozeß unterscheidet sich von dem Carnots durch die Annahme, daß er beim Übergang des kondensierten Wassers in den Kessel nicht umkehrbar ist. Es ist aber interessant, festzustellen, daß die modernen Dampfanlagen wirtschaftlichster Bauart einen Prozeß eingeführt haben, der das Kondensat auf seinem Wege zurück zum Kessel Stufe für Stufe in einer Form erhitzt, die beinahe so weit umkehrbar ist, daß sich der ganze Kreislauf dem Ideal von Carnot nähert.

All dies zeigt, wie durch den steten Druck wissenschaftlicher Ideen die Maßnahmen des praktischen Ingenieurs verbessert werden. Ebenfalls eine Anwendung wissenschaftlicher Ideen, aber ein Beispiel von dem, was ich Entwicklungsknick genannt habe, ist die Parsonssche Erfindung der Dampfturbine. Er entfernte sich von den üblichen Wegen, und wir können sagen, daß in der Welt der Technik der Genius Parsons uns ein neues Königreich eröffnet hat. Er gab uns eine Kraftmaschine, die durchaus neu in Form und Wirkung war, fähig, mit außerordentlich höherem Wirkungsgrad zu arbeiten, mit einer Konzentration und Größe der Wirkung, wie man sie nie zuvor sich vorstellen konnte.

Ein weiterer Entwicklungsknick war die Verbrennungskraftmaschine. Es fehlt mir die Zeit, ihre Entwicklung von primitiver Form an zu kennzeichnen, all die großen und kleinen Schritte darzustellen, die die Prozesse von Otto, Clerk und Diesel in die Wirklichkeit umsetzen. Diese Schritte waren im wesentlichen wissenschaftlich, schufen aber Maschinentypen, die zuletzt den gewöhnlichen Mann zum Techniker machten, der in Massen die Landstraßen und Seen befährt und im gewissen Sinne an der Eroberung der Luft mithilft.

Man kehre eine Wärmemaschine um und man hat eine Wärmepumpe, die es erlaubt, durch Kraftzuführung einen Körper kälter als seine Umgebung zu machen. Von diesen einfachen Erkenntnissen der Thermodynamik ist ein Ingenieurzweig von ungeheurer und stets wachsender wirtschaftlicher Bedeutung ausgegangen. Die Kältemaschine macht die ganze Welt zu unserer Obstfarm, zu unserer Viehweide und zu unserer Schafhaltung. Vielleicht in keinem anderen Gebiete harren soviel wissenschaftliche Probleme ihrer Lösung als in dem des Transportes und der Aufbewahrung von Nahrungsmitteln unter solchen Kältebedingungen, die es ermöglichen, sie ohne Schädigung bakterienfrei zu erhalten.

Die Kältelehre bietet ebenfalls ein schlagendes Beispiel dafür, wie ein vollständig neuer industrieller Prozeß von einer einschneidenden und bedeutenden physikalischen Tatsache seinen Ausgangspunkt nimmt und wie er späterhin seine Schuld an die reine Wisssenschaft zurückbezahlt, indem er der Forschung neue Möglichkeiten eröffnet. Vor langer Zeit machten Kelvin und Joule Versuche über die Gaseigenschaften und entdeckten dabei, daß die Luft einen Temperaturabfall erfährt, ungefähr ¼ ° für jede Atmosphäre, sobald sie unter Druck durch eine Drosselung entweicht. Viele Jahre später verwendeten Linde und andere diese Erscheinung als praktisches Mittel um die Luft zu verflüssigen, indem sie die Kälte der ausströmenden Luft im Gegenstrom der Druckluft wieder zuführten und so eine dauernd sich steigernde Wirkung erzielten. Die flüssige Luft verwandten sie, um Sauerstoff und Stickstoff zu trennen, mit dem Ergebnis, daß diese beiden Gase wirtschaftlich verwertet werden konnten.

Dieser Fortschritt ist heute die Grundlage von ausgedehnten Industrien. Mehr als das, er hat den Physikern ein neues Forschungswerkzeug und die Möglichkeit gegeben, die Temperaturen bis zu einem Grad zu erniedrigen, der vorher niemals in einem irdischen Laboratorium erreichbar war.

Vielleicht mehr noch als auf anderen Gebieten der Ingenieurwissenschaft häufen sich die Beispiele der fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen Praxis und Wissenschaft in dem Gebiet der angewandten Elektrizitätslehre. Man kann ohne Übertreibung sagen, daß alle Anwendungen der Elektrizität von Haus aus Früchte wissenschaftlicher Forschung sind. Wenn man z. B. die Geschichte der Dynamomaschine aufzeichnet, so muß man zurückgehen bis zu Hopkinsons Feststellung des Prinzips magnetischer Strömungen und zu einem Versuch von Faraday, der im Jahr 1831 als erster nachwies, daß die Bewegung eines Leiters quer zu einem magnetischen Feld elektromotorische Kräfte erzeugt. Die Terminologie, in der wir diese grundlegenden Entdeckungen noch heute darstellen, ist von Faraday selbst geschaffen. Was für eine Fülle von Fortschritten leitet sich von diesem einfachen Experiment ab! Kann man nicht mit Recht für alle praktischen Anwendungen der Elektrizitätslehre in Anspruch nehmen, daß sie von dem rein wissenschaftlichen Studium dieser Lehre ihren Ausgangspunkt genommen haben, sei es die Dynamo, der Motor, der Umformer, die Akkumulatorenbatterie, die Bogenlampe, die Vakuumröhre, das elektrolytische Bad, der elektrische Glühofen, das Telephon oder irgend etwas anderes. Mit Hilfe der reinen Wissenschaft haben die Physiker nunmehr gefunden, daß wir in positiver und negativer Elektrizität — in den Ionen und Elektronen — die grundlegenden Bausteine haben, aus denen das ganze materielle Universum aufgebaut ist. Vielleicht werden eines Tages die Physiker, die die Materie und den Aufbau dieser Bausteine entdeckt haben, und die Ingenieure, die immer auf der Suche nach neuen Kraftquellen sind, sich zusammentun und Mittel ausfindig machen, um in genügend beherrschbarer Weise die unendlichen Kraftquellen, die im Atom verborgen sind, uns zu erschließen. Das würde tatsächlich einen ganz neuen Ausgangspunkt bedeuten. Ich möchte hier aber nichts voraussagen; denn Prophezeiung ist, wie George Elliot sagt, die billigste Form menschlichen Irrtums.

Als Kelvin im Jahre 1853 auf Grund mathematischer Schlüsse die Entdeckung machte, daß unter gewissen, durch den Widerstand, die Induktion und die Kapazität gekennzeichneten Bedingungen die elektrische Ladung oszillatorisch wird, da ahnte er kaum, was er der Welt brachte. Dieser Samen hat sich zu einem mächtigen Baum, dessen Zweige viele Häuser beschatten, entwickelt. Clerk, Maxwell, Hertz, Lodge, Marconi, Fleming, de Forrest und viele andre haben durch Entdeckungen und Erfindungen Hand in Hand gearbeitet, um schließlich das zu vollenden, was mir immer als das größte Wunder angewandter Wissenschaft erscheint. Das Telephon von Graham Bell, das Mikrophon Hughes, der Phonograph von Edison waren wohl außerordentlich fesselnde Wunder, an deren Auftreten ich mich noch deutlich erinnere, aber was die Einbildungskraft in ungleich höherem Maße beschäftigt und beeindruckt, ist doch die Funkentelegraphie. Sie erhöht den Wert all der andern Wunder und bewirkt eine noch größere Änderung der sozialen Verhältnisse.

Ende letzten Jahrhunderts hatte es den Anschein, als ob die Naturwissenschaft mit ihrer Weisheit am Ende wäre. Aber plötzlich folgte Entdeckung auf Entdeckung, die Röntgenstrahlen, die Radioaktivität, die Kenntnisse des Elektrons, alles völlig unerwartet, aber alles ohne weiteres geeignet für praktische Verwertung. Umgekehrt war jede dieser Entdeckungen wieder ein neuer Ansporn für die Naturwissenschaft, denn die Forschung erhielt neue Richtungen und der Forscher neue Methoden.

Was tat nun der Ingenieur, um das so gefundene freie Elektron sich dienstbar zu machen? Lassen Sie mich in der kurzen noch zur Verfügung stehenden Zeit einen kleinen Überblick darüber geben.

Ungefähr 1895 untersuchte Thompson die Entladung, welche vom negativen Pol einer Crookesschen Röhre ausging und fand dabei die Tatsache, daß sie aus einem Strom einzelner Teilchen — von ihm „corpuscles" genannt — von negativer Elektrizität bestehe, die alle gleichartig und unabhängig waren. Die „corpuscles" nennt man heute Elektronen. Solange keine elektrische Verwirbelung besteht, bilden sie gewissermaßen die Umhül

lung oder das Schutzgitter eines materiellen Atoms; strömen sie aber von der Kathode aus, so haben sie sich von diesen häuslichen Fesseln freigemacht. Jedes Elektron ist nun eine bestimmte Quantität körperloser Elektrizität — eine Einheit, die nicht mehr geteilt werden kann — und hat eine prachtvolle Fähigkeit, auf jede elektrische Einwirkung einzugehen; denn seine Masse ist nur der 1800ste Teil des leichtesten Atoms gewöhnlicher Materie.

Man weiß, daß solche freie Elektronen von hocherhitzten Substanzen ausgehen, wie z. B. vom glühenden Faden einer luftleeren elektrischen Lampe. Diese Tatsache wurde von Fleming zu einer Erfindung ausgebaut, die man ohne Übertreibung als epochemachend bezeichnen kann. Er suchte nach einem Detektor für Funktelegraphie, der empfindlicher sein sollte, als der von Marconi ursprünglich verwendete. Wenn ein funkentelegraphisches Signal den Empfänger trifft, so löst dies eine Gruppe elektrischer Schwingungen aus, bei denen Gipfel und Täler ungeheuer schnell wechseln, viele tausendmal in der Sekunde. Will man nun durch sie ein Signal auslösen, das in einem Telephon gehört oder durch ein Galvanometer sichtlich gemacht werden kann, so muß man die Gruppe gleichrichten, indem man gewissermaßen die Täler ausläßt und nur die Wellenberge feststellt. Fleming hatte 1905 den glücklichen Gedanken, die Elektronen, die von dem heißen Faden in einer Vakuumlampe ausgehen, für diese Gleichrichtung zu benutzen.

Für diesen Zweck stattete er die Vakuumröhre mit der Anode aus, zu der der Elektronenstrom seinen Weg gehen konnte. Er verband die Lampen mit dem Empfänger in der Weise, daß die durch das funkentelegraphische Zeichen verursachten Schwingungen die Bresche zwischen dem Faden und der Anode überbrückten. Ist dies geschehen, so können die Schwingungsberge — wie wir diesen Teil des schwingenden Stromes, der mit dem Elektronenstrom gehen mag, nennen — leicht passieren. Die Täler aber als die Teile, welche versuchen, den umgekehrten Weg zu gehen, werden aufgehalten. Auf diese Weise wirkt die Vorrichtung als ein Gleichrichter der aufgefangenen Schwingungen; sie fängt die Schwingungsberge auf, schaltet aber die Täler aus. Aus diesem Grunde nannte der Erfinder auch seine Konstruktion sehr bezeichnend ein „Ventil“, als ein Ding, das den Durchgang nur nach einer Richtung erlaubt.

Die Ventilröhre kam bald als ein empfindlicher Detektor für drahtlose Signale in Gebrauch. Etwa zwei Jahre später wurden seine Eigenschaften ausgebaut durch den Amerikaner Lee de Forrest, der eine dritte Elektrode in Form eines Drahtnetzes verwandte, durch den der Elektronenstrom auf seinem Weg vom Faden zur Anode fließen mußte. Dadurch wurde die sogenannte Gitterröhre geschaffen, und man konnte sie als ein kraftvolles Relais benutzen, das jede Art elektrischer Schwingungen aufnahm und beim Durchgang stark vergrößerte. Denn es zeigte sich, daß die eintretenden Schwingungen geringe Veränderungen im Potential des Gitters verursachen und daß dabei weitgehende und entsprechend proportionierte Änderungen im Elektronenstrom, der die Anode passiert, hervorgerufen werden. So wurde die Drei-Elektroden-Röhre das wichtigste Instrument der modernen Funkentelegraphie. Sie dient nicht nur dazu, die empfangenen Signale zu richten und zu verstärken, sondern sie wird auch als Sender verwendet, um die Schwingungen zu erzeugen, die ausgestrahlt werden.

Aber auch das ist noch nicht alles. Die Elektronenröhre arbeitet auch als ein vollkommener Modulator, indem sie auf die Hochfrequenzwellen, die die drahtlose Ausstrahlung darstellen, Schwingungen von solcher Amplitude aufdrückt, die erlauben, diese Schwingungen als Träger von Sprache und Musik zu benutzen. Auf diese Weise können die verhältnismäßig langsamen Vibrationen einer ganz anderen, den Ton bildenden Schwingungsart fortgetragen werden. Noch mehr: Beim Telephonieren über Draht bildet die Verstärkerröhre ein erstaunlich wirksames Relais, indem sie in aufeinanderfolgenden Punkten entlang der Telephonlinie die Energie des übermittelten Tones wieder herstellt, ohne seine Eigenschaften zu stören. Dazu kommt noch, daß eine Anzahl vollkommen unabhängiger Gespräche auf dem gleichen Draht geführt werden, sobald man entsprechend „gefilterte“ Trägerströme verwendet, und daß dabei dieser Draht noch als Leiter für eine größere Gruppe telegraphischer Botschaften dient. All diese Wunder wurden erst möglich gemacht durch die Elektronenröhre. Ihre technischen Anwendungsmöglichkeiten scheinen keine Grenze zu haben; denn sie dient auch als Instrument für die Forschung. Man kann mit ihr Schwingungen beliebiger Frequenz erzeugen und, um nur ein Beispiel zu nennen, in der Hand des Physiologen mißt sie die feinsten und flüchtigsten Effekte.

Ich habe genug Beispiele angeführt, um die umfassende Wahrheit des Satzes von Tredgold zu erweisen, daß das Ausmaß und der Nutzen praktischer Ingenieurbetätigung durch jede Entdeckung auf naturwissenschaftlichem Gebiete gefördert wird. Aber eine so überwältigende Feststellung muß wohl auch ihre Ausnahmen haben, und tatsächlich läßt der gegenwärtige merkwürdige Zustand physikalischer Wissenschaft auf solche Ausnahmen schließen. Heute ist die Grundlage der Physik im Schwanken. Man kämpft darum, zwei ungeheure neue Ideen dem physikalischen Gebäude einzuverleiben — das Relativitätsprinzip und die Quantentheorie. Die Beziehungen dieser Ideen zur Physik alter Schule sind noch dunkel, denn sie bieten einen bis jetzt noch nicht gelösten Zwiespalt. Ihre genaue Form und ihr Platz in dem logischen Schema wissenschaftlicher Gedanken muß erst noch aufgestellt werden. Man kann wohl sagen, daß das naturwissenschaftliche Gebäude selbst unberührt bleibt, daß aber die philosophischen Grundlagen, auf denen es steht, weitgehend erschüttert sind. Die Naturwissenschaftler stehen einer schwierigen, aber keiner unmöglichen Aufgabe gegenüber. Sie haben tatsächlich ihr prachtvoll ausgearbeitetes und wundervoll zusammenhängendes Gebäude als Ganzes von einem Fundament auf das andere zu übertragen. Dabei ist aber das neue Fundament noch nicht einmal vollständig fertig. Sie sind hart an der Arbeit, dieses Fundament zu legen und legen es tatsächlich so tief, daß der vorübergehende Beschauer kaum sagen kann, was vorgeht. Wenn das Werk vollendet sein wird, dann wird es einen großen Fortschritt bedeuten. Ich glaube aber nicht, daß diese Erneuerung des Fundamentes dem Ingenieur viel bedeuten wird. Denn seine Sache ist der naturwissenschaftliche Bau selbst. Dieser Bau wird zweifellos nach Vollendung der Bauarbeiten eine behagliche Unterkunft darstellen. Er wird so gut wie bisher seine Aufgabe erfüllen und weiteren Anbau gestatten, den der Ingenieur in entsprechender Zeit praktisch verwertet.

Das Jahrhundert, das wir jetzt überblicken, ist nur eine winzige Einheit in der großen Zahl von Jahrhunderten, welche die geschriebene und ungeschriebene Geschichte der Menschheit ausmachen. Zeitlich nur ein Bruchstück — aber von welcher Bedeutung, wenn wir die Umwälzungen, die es mit sich brachte, betrachten. Wenn wir den Fortschritt in der Eroberung der unbelebten Natur als Maßstab nehmen, dann findet das Jahrhundert, das wir hier betrachten, nichts Gleiches in der Vergangenheit. Es kann mit dem Aufbruch der Blüte einer Pflanze verglichen werden, die lange Zeit in Ruhe der Reife entgegenwächst und sich dann plötzlich entfaltet. Wir haben es beobachtet, als wäre es nur der Übergang von der Knospe zur Blume.

Was soll nun kommen? Was bleibt für die Zukunft dem Ingenieur noch zu tun? Wenn wir das zweite Jahrhundert unseres Institutes feiern, was wird dann der Vortragende Ihnen zu berichten haben? Kann das erstaunliche Tempo von Entdeckung und Erfindung aufrecht erhalten bleiben, oder naht nicht eine Zeit, in der der Ingenieur die Hände in den Schoß legt wie so viele Alexander, um eine zu vollständig eroberte Welt der toten Dinge zu beweinen. Es wird ihm ergehen, wie dem Geographen, für den bald eine Zeit kommt, da in der Welt nichts mehr zu erforschen sein wird.

Das Transportwesen, besonders das in der Luft, mag weniger gefährlich und bequemer ausgebildet werden. Die Verbindungsmöglichkeiten werden so weit gehen, daß sie auch das Fernsehen in sich schließen. Zur Hälfte ist dies bereits erreicht, und ich muß gestehen, daß ich ohne Begeisterung dem Kommen der anderen Hälfte entgegensehe.

..her wird auch die Kraftverteilung in viel größerem Um..fig als bisher durchgeführt werden. Aber können wir er..rten, daß die Ingenieure des kommenden Jahrhunderts ..rtschritte in der Anwendung der Naturkräfte bringen ..rden, die denen der verflossenen hundert Jahre auch nur ..nigermaßen vergleichbar sind? Ich bin wie gesagt kein ..ophet, aber ich möchte zweifeln, daß dies der Fall sein ..rd. Für mich hat es den Anschein, als ob in dem Revo..tionssturm des Ingenieurwesens bald eine Flaute ein..ten wird. Gewiß, wir werden soziale Veränderungen ..gar drastischer Art zu erwarten haben, aber sie haben ..ine so direkte Auswirkung auf die Tätigkeit der In..nieure, wie in dem vergangenen Jahrhundert. Die Me..anisierung des Lebens wird sicher fortschreiten, aber ..raussichtlich werden die mechanischen Vorrichtungen ..ld als etwas Selbstverständliches hingenommen, ebenso ..ie die Taschenuhren, die wir tragen, und wir brauchen ..cht überrascht zu sein, wenn das Interesse an solchen ..echanisierungen nachläßt. Daß trotzdem Verbesserungen ..macht werden, ist sicher, denn die Dinge, die sie be..ffen, gehören zu den Alltäglichkeiten des Lebens. Vor..ssichtlich werden aber die Geisteskräfte der Menschheit, ..e jetzt so stark in der Richtung unseres Ingenieurdenkens ..ch bewegen, andere Betätigungen suchen und finden. Als ..genieure mögen wir eine solche Entwicklung bedauern, ..ir müssen aber zugeben, daß sie für die menschliche Rasse ..r wohltätig sein kann. Denn was wir zweifellos bitter ..tig brauchen, ist ein Fortschritt ganz anderer Art.

Eines steht fest: Wir mögen uns anstrengen, neue natür..che Kraftquellen zum Nutzen und zur Bequemlichkeit der ..enschheit aufzudecken, neue Bedürfnisse, neuen Komfort ..u schaffen, aber im Grunde bleibt der Mensch doch immer ..as, was er war. Als junger Lehrer glaubte ich wohl, daß ..ese glänzende Reihe von Entwicklungen und Erfindungen ..it ihrer Durchdringung der Geheimnisse der Natur, mit ..rem Kraftbewußtsein, mit ihren tiefschürfenden geistigen ..teressen, ihrer unbegrenzten Möglichkeit des Wohltuns ..tsächlich den Charakter der Menschheit heben würde. Ich ..laubte, daß das eifrige Studium der Ingenieurwissen..haft auf jeden Fall die primitiven Instinkte des Menschen ..ildern und den Sinn für Gesetze, für Ordnung und Ge..echtigkeit entwickeln müsse. Aber dann kam der Krieg, ..nd ich erlebte den moralischen Zusammenbruch der an..ewandten Mechanik. Es war niederschmetternd, als man ..ewahr wurde, daß keine Nation, so überragend ihre Stel..ung auf dem Gebiet geistiger Betätigung auch war, vor ..nem Rückfall in die Barbarei gesichert war, in eine ..ewissenlose, ungezügelte Barbarei, die sich um so bru..taler auswirkte, als sie im größten Maß die Fähigkeit, zu zerstören, mit sich brachte.

Ich sah, daß die Fülle von Gedanken und von Erzeugnissen, mit der der Ingenieur die Menschheit beschenkt hatte, schmählich mißbraucht wurde, und daß diese Fülle nur dazu diente, den Nationen Zerstörungsmittel zu beschaffen, die unvergleichlich mächtiger und grausamer waren, als man sie je gekannt hatte. Wir haben der Zivilisation eine Waffe in die Hand gegeben, weit tödlicher, als alle Waffen der Barbarei, und nichts war da, um ihre Hand zu hemmen. Die Zivilisation wandte die Waffe gegen sich selbst; denn aller Fortschritt des Ingenieurwesens hatte nichts dazu beigetragen, die Seele der Menschheit zu ändern. In unserem eifrigen Bestreben, die Technik zu fördern, haben wir Ingenieure vielleicht vergessen, daß mit dem Fortschritt in materieller Richtung der ethische Fortschritt der Rasse bei weitem nicht Schritt halten konnte. Wir haben dem Kind ein scharf geschliffenes Werkzeug in die Hand gegeben, bevor es noch das Verständnis hatte, dieses Werkzeug vernünftig zu benutzen. Wir haben ihm die Fähigkeit gegeben, unermeßlichen Schaden anzustellen, obwohl es kaum den Unterschied zwischen Recht und Unrecht kannte. Folgt daraus nicht als Pflicht der Führerschaft, gerade für bessere Ausbildung von Urteil und Gewissen zu sorgen? Ein moralisches Gewissen für alle, ein gemeinsames politisches Verantwortungsgefühl und das Verständnis für den göttlichen Grundsatz zu entwickeln, die anderen so zu behandeln, wie wir wünschen, daß *sie* uns behandeln? Das sind Aufgaben, an denen alle Nationen, selbst die fortgeschrittensten, noch viel zu lernen haben.

Es gibt Leute, die gedankenlos vom nächsten großen Krieg sprechen. Ich möchte wissen, ob diese Leute ahnen, wie nahe im letzten Krieg die Welt ihrem Untergang war durch den Mißbrauch der Gaben, welche ihr der Ingenieur gab. Ahnen denn diese Leute nicht, daß gesteigerte Erfahrung und durch Erbitterung angespornter Scharfsinn noch tödlichere Waffen in Zukunft schaffen kann? Daß diese Waffen unterschiedlos treffen, und daß die Gefahr für den Untergang der Kultur unendlich vergrößert wird?

Eines ist gewiß: Wir Ingenieure müssen ebenso wie alle anderen um ein geistiges Erwachen beten, und an der geistigen Gesundung der Menschheit mitarbeiten, um den Mißbrauch der edlen von uns geschaffenen Güter hintan zu halten. Denn der Ingenieur ist es, dessen Arbeit wohl dem Behagen und dem Fortschritt der Menschheit dient, der aber durch diese seine Arbeit in die sorglose und hemmungslose Hand der gleichen Menschheit furchtbare Möglichkeiten der Zerstörung gegeben hat. [B 2167]

Der Einfluß von Chromzusatz ..uf die elektrischen Eigenschaften der Eisen-Nickel-Legierungen

P. Chevenard[1]) hat den spezifischen elektrischen ..iderstand mit seinem Temperaturkoeffizienten sowie die ..hermokraft von Nickel und von Eisen-Nickel-Legierungen ..mit einem Nickelgehalt von 30 bis 100 vH) bis zur Tempe..tur von 1000 ° bei verschiedenen Chromzusätzen (bis etwa ..) vH) untersucht.

Was zunächst das Nickel selbst anbetrifft, so ruft der ..hromzusatz — wie bei allen festen Lösungen — ein An..eigen des gesamten Verlaufs der Widerstandskurven und ..nen entsprechenden Abfall der Kurven des Temperatur..oeffizienten hervor. Ferner macht sich deutlich der Abfall ..s magnetischen Punktes (Curie-Punktes) bemerkbar; Le..ierungen mit mehr als 6 vH Chrom sind oberhalb der Zim..ertemperatur paramagnetisch. Diese Anomalie, die die ..agnetische Umwandlung begleitet, nimmt auch an Inten..tät mit steigendem Chromzusatz rasch ab; bei 4,35 vH ..hrom ist sie kaum noch wahrnehmbar. Jedoch tritt bei ..0 °, d. h. im Gebiet des paramagnetischen Zustandes, eine ..eue Anomalie in den Eigenschaftskurven auf. Die mitt..re Temperatur ist vom Chromgehalt fast unabhängig, ..eser wirkt lediglich auf die Stärke der Anomalie ein, die ..r Reinnickel gleich null ist, mit wachsendem Chrom..halt anfangs nur schwach zunimmt und bei 14 bis 26 vH ..hrom stark ausgeprägt ist. Worauf diese zurückzuführen ..t, wird nicht untersucht.

Bei den untersuchten Eisen-Nickel-Legierungen ergab sich mit wachsendem Chromgehalt ein ganz ähnliches Verhalten: Erniedrigung des magnetischen Punktes und die damit im Zusammenhang stehenden Erscheinungen (in derselben Weise wie bei den Nickel-Chrom-Legierungen). Auch die Anomalie bei 550 ° zeigte sich hier; ihre Intensität wächst mit dem Chromgehalt, erscheint jedoch bei größeren Eisengehalten abgeschwächt. Der Chromzusatz bewirkt eine Ausdehnung des Gebietes der austenitischen Eisen-Nickel-Legierungen nach der Eisenseite hin.

Was die allgemeine Wirkung des Chroms betrifft, d. h. die Verschiebung der Widerstandskurven nach oben im Gebiet des paramagnetischen Zustandes, so ist diese bei den nickelreichen Legierungen stark, bei den eisenreichen Legierungen hingegen schwach. Das Ansteigen des Widerstandes und die Verminderung seines Temperaturkoeffizienten, die für alle Legierungen unterhalb des Curie-Punktes festgestellt sind, sind daher hauptsächlich Änderungen besonderer Art. Es mag genügen, das außerordentlich weite Anwendungsgebiet der Nickel-Chrom-Legierungen mit wenigstens 10 vH Chrom als Werkstoff für elektrische Heizwiderstände anzuführen; dabei senkt die Zugabe einer gewissen Menge Eisen den Preis, vergrößert den Widerstand und verringert den Temperaturkoeffizienten, ohne den Widerstand gegen Oxydation wesentlich zu beeinflussen. Auf Grund der vorliegenden Arbeit ist es nunmehr möglich, den starken Einfluß des Chroms seiner Größe nach anzugeben und damit Unterlagen für die praktische Anwendung zu gewinnen. [N 2213]

Berlin A. Schulze

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 48 (1928) Nr. 31 S. 1045.

Schwedische elektrische Fahrzeuge für Vollbahnbetrieb

Von Paul Friebel, Västerås, Schweden

Die von der Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) in den letzten Jahren gelieferten elektrischen Fahrzeuge für Vollbahnbetrieb werden beschrieben. — Die mechanischen und elektrischen Kenngrößen werden angegeben und Schaltung und Ausrüstung geschildert.

RZ860

Elektrische 1 C + C 1-Güterzuglokomotive der Riksgränsbahn.

Schweden und Norwegen sind arm an Kohle, aber verhältnismäßig reich an Wasserkräften. Es lag nahe, diese außer für die Stromversorgung des Landes auch für den elektrischen Zugbetrieb nutzbar zu machen. Als Stromart wurde Einphasenwechselstrom von 15 und 16⅔ Per./s und 15 000 V mittlerer Fahrdrahtspannung gewählt. Die wichtigsten elektrischen Bahnen Schwedens sind die Riksgränsbahn (450 km), die Strecke Oslo–Drammen (53 km) und die Linie Stockholm–Gothenburg (460 km). Aus den mannigfachen Betriebsanforderungen dieses elektrisch betriebenen Netzes sind mehrere bemerkenswerte Bauarten von Lokomotiven und Triebwagen hervorgegangen. Der Vollständigkeit halber sind zum Schluß auch die in Schweden verwendeten dieselelektrischen Lokomotiven erwähnt.

Güterzuglokomotive D, Abb. 1 bis 3 (Klasse 0 d), und Schnellzuglokomotive (Doppellokomotive) 2 B + B 2, Abb. 4 bis 6 und Zahlentafel 1 (Klasse P b), beide für die Riksgränsbahn[1]).

Art der Kraftübertragung: Gefederte Zahnräder u[nd] Blindwelle, Übersetzung 1 : 4,27. Die mittlere Fahrdra[ht]spannung beträgt 15 000 V bei 15 Per./s.

Abb. 7 zeigt das Schaltbild. Wie alle schwedische[n] Lokomotiven, so wird auch diese durch Schützen gesteuer[t]; zur Fahrtwendung sind elektromagnetisch betätigte Walze[n]schalter vorhanden. Von einem Führerstand aus könne[n] zwei Güterzuglokomotiven gesteuert werden.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 64 (1920) S. 205, Bd. 68 (1924) S. 72 „Elektr[o]technik und Maschinenbau" Bd. 41 (1923) S. 241.

585 — 1865 — 1465 — 3450 — 1450 — 1865 — 585

11250

1040 4500 1435 1750

RZ860 Z1÷3

Abb. 1 bis 3 D-Güterzuglokomotive der Riksgränsbahn.

Abb. 4 bis 6
2 B + B 2-Schnellzuglokomotive der Riksgränsbahn.

Zahlentafel 1

Konstruktionszahlen der D-Güterzug- und der 2 B + B 2-Schnellzuglokomotive.

		Güterzuglok. D	Schnellzuglok. 2 B + B 2
Länge über die Puffer	mm	11 250	21 400
Treibraddurchmesser	„	1 350	1 350
Laufraddurchmesser		—	960
Gewicht der Lokomotive	t	68,6	123,2
„ des mechanischen Teiles	„	42,1	70,6
„ „ elektrischen „	„	26,5	52,6
Achsdruck	„	17,15	15,8
Geschwindigkeit bei Stundenleistg.	km/h	30,5	66
Höchstgeschwindigkeit	„	60	100

		Güterzuglok. D	Schnellzuglok. 2 B + B 2
Anfahrzugkraft am Radumfang	kg	18 000	16 500
Zugkraft bei Stundenleistung	„	9 500	8 750
Stundenleistung	PS	1 130	2 260
Dauerleistung	„	880	1 760
Anzahl der Motoren		2	4
Motorspannung bei Stundenleistung	V	295	295
Motorstrom bei Stundenleistung	A	1 700	1 700
„ „ Dauerleistung	„	1 300	1 300

Abb. 7. Schaltbild der D- und einer Hälfte der 2 B + B 2-Lokomotive.

Abb. 8. Anordnung der Schalteinrichtungen.

Abb. 9. B + B-Lokomotive der Drammenbahn.

Zahlentafel 2
Konstruktionszahlen der B + B-Lokomotive.

Länge über die Puffer	12 700 mm
Treibraddurchmesser	1 445 „
Gewicht der Lokomotive	62 t
„ des mechanischen Teiles	38,5 t
„ „ elektrischen „	23,5 „
Achsdruck	15,5 „
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	33,5 km/h
Höchstgeschwindigkeit	60 „
Anfahrzugkraft am Radumfang	16 000 kg
Zugkraft bei Stundenleistung	7 200 „
Stundenleistung	940 PS
Dauerleistung	800 „
Motorspannung bei Stundenleistung	290 V
Motorstrom bei Stundenleistung	1 440 A
„ „ Dauerleistung	1 200 „

Die Schnellzuglokomotiven haben die doppelte Leistung wie die Güterzuglokomotiven, s. Zahlentafel 1. Sie bestehen aus zwei kurzgekuppelten Hälften, deren jede genau die gleiche elektrische Ausrüstung hat wie eine Güterzuglokomotive. Die Schalteinrichtungen beider Hälften sind in Zugsteuerung miteinander verbunden. Es sind elf Schaltstellungen vorhanden, eine Vor- und zehn Vollstellungen für die Güterzuglokomotive und 20 für zwei solche oder eine Schnellzuglokomotive. Die Schützen werden für zwei gekuppelte Güterzuglokomotiven oder die beiden Hälften der Schnellzuglokomotive nicht im gleichen Takte, sondern übergreifend geschaltet. Die Schalteinrichtungen sind soweit wie möglich in einem Gestell vereinigt, Abb. 8.

Der elektrische Teil stammt wie der aller hier beschriebenen Lokomotiven von der Allmänna Svenska Elektriska A. B. (ASEA), der mechanische Teil von der Firma A. B. Svenska Järnvägsverkstäderna, Falun[2]). Zehn Güter- und zwei Schnellzuglokomotiven sind in Betrieb.

B + B-Lokomotive für die Drammenbahn (Norwegen), Abb. 9 und Zahlentafel 2.

Art der Kraftübertragung: Gefederte Zahnräder und Blindwelle, Übersetzung 1 : 4,27. Mittlere Fahrdrahtspannung 15 000 V bei 15 Per./s. Mechanischer Teil geliefert von Norsk Maskinindustri A. S., Oslo.

Gesteuert wird auch diese Lokomotive durch elektromagnetische Schützen. Die Anzahl der Fahrstellungen beträgt 17 einschließlich einer Vorstellung.

Einen schadhaften Motor kann man durch Umlegen von Kupferlaschen abschalten. Dabei ist Vorsorge getroffen, daß bei Weiterschalten des Fahrschalters über Stellung 8 hinaus der Motorstrom unterbrochen wird, um zu verhindern, daß der Motor zu hohe Spannung erhält. Zugheizung mit rd. 500 V Spannung ist vorgesehen mit je zwei Dosen an jedem Lokomotivende. Da Luftsaugbremse verwendet wird, so müssen die Bremseinrichtungen gleichzeitig zum Steuern der Motoren für die Luftsaugpumpen eingerichtet sein. Die Bremser wurden ebenfalls von der ASEA konstruiert und sind späterhin auch für Lokomotiven andrer Herkunft benutzt worden. Der Raum in der Lokomotive ist sehr beschränkt. Im Schützgestell konnten nur die Motorschützen untergebracht werden, während die Hilfsschützen und andre Apparate an geeigneten Stellen im Maschinenraum und den Führerständen Platz fanden.

22 Lokomotiven dieser Bauart wurden geliefert. Zwei wurden nachbestellt. Eine der Lokomotiven wurde auf Wunsch der norwegischen Staatsbahn mit selbsttätiger Bremseinrichtung ausgestattet, weil man Erfahrungen mit Einmannbedienung der Lokomotive sammeln wollte. Die Schaltung dieser Einrichtung folgt aus Abb. 10. Ihre Wirkungsweise besteht darin, daß nach Loslassen der Kurbeldruckknöpfe am Fahr- und Bremsschalter der Zug nach Ablauf einer gewissen Wegstrecke (einstellbar auf 80, 100 und 140 m) gebremst wird[3]). In der gezeichneten Stellung, s. Abb. 10, ist der Kurbeldruckknopf des rechten Fahrschalters niedergedrückt.

[2]) Soweit der mechanische Teil nicht von der ASEA stammt, ist der Hersteller genannt.

Abb. 10
Schaltbild der selbsttätigen Bremsauslösung.

[3]) Eine neuere Ausführung des Kurbelknopfauslösers s. a. Z. Bd. 72, (1928) Nr. 33 S. 1168.

er Schaltmagnet der Bremseinrichtung wird dadurch ngeschaltet gehalten. Die von der Blindwelle angetriebene Schnecke läuft dann frei und es geschieht nichts. Wird der Spulenstrom unterbrochen, so wird das Zahnrad mit der Schnecke in Eingriff gebracht und nach einer Anzahl Umdrehungen, die der obengenannten Wegstrecke

Abb. 11 bis 13
1 C + C 1-Güterzuglokomotive der Riksgränsbahn.

Zahlentafel 3. Konstruktionszahlen der 1 C + C 1-Güterzuglokomotive.

Länge über die Puffer	20 926 mm	Höchstgeschwindigkeit	60 km/h
Treibraddurchmesser	1 530 „	Anfahrzugkraft am Radumfang	26 000 kg
Laufraddurchmesser	850 „	Zugkraft bei Stundenleistung	18 500 „
Gewicht der Lokomotive	127,8 t	Stundenleistung	2 800 PS
„ des mechanischen Teiles	75.8 „	Dauerleistung	2 320 „
„ „ elektrischen „	52 „	Motorspannung bei Stundenleistung	340 V
Achsdruck	17 und 16,9 t	Motorstrom bei Stundenleistung	1 720 A
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	39,3 km/h	„ „ Dauerleistung	1 420 „

Abb. 14. Schaltbild der 1 C + C 1-Güterzuglokomotive.

Abb. 15 bis 17
1 C 1-Personen- und Schnellzuglokomotive für Stockholm – Gothenburg.

Zahlentafel 4. Konstruktionszahlen der 1 C 1-Lokomotive.

Länge über die Puffer	13 000 mm	Höchstgeschwindigkeit	70 und 90 km
Treibraddurchmesser	1 530 „	Anfahrzugkraft am Radumfang	16000 „ 12000
Laufraddurchmesser	970 „	Zugkraft bei Stundenleistung	8800 „ 6600
Gewicht der Lokomotive	79,5 t	Stundenleistung	1 660 PS
„ des mechanischen Teiles	51 „	Dauerleistung	1 360 „
„ „ elektrischen „	28,5 „	Motorspannung bei Stundenleistung	390 V
Achsdruck	13,7, 14,8 und 17 „	Motorstrom bei Stundenleistung	1 820 A
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	49 und 65 km/h	„ „ Dauerleistung	1 500 „

entspricht, die Bremse in Tätigkeit gesetzt. Damit die Einrichtung nicht bei Nullspannung wirkt, ist ein selbsttätiger Umschalter vorgesehen, der die Stromzufuhr von der vorhandenen Hilfsbatterie sicherstellt.

Güterzuglokomotive (Doppellokomotive) 1 C + C 1 (Klasse 0 f), Riksgränsbahn, Abb. 11 bis 13 und Titelbild.

Art der Kraftübertragung: Gefederte Zahnräder und Blindwelle, Übersetzung 1 : 4,77.

Es sind 25 Fahrstellungen vorhanden, dazu eine Vorstellung. Auf den auf dem Fahrschalter bezeichneten Stellungen 1 bis 13, Abb. 14, ist die Spannung an den Motoren in beiden Lokomotivhälften gleich. Die beiden Lokomotivhälften sind durch vollkommene Zugsteuerung miteinander verbunden, die bei Schäden in einer Hälfte steuerstromseitig durch einen Gruppenschalter abgeschaltet wird. Infolge der Verbindung der Kontaktfinger in der Nullstellung der Fahrschalter-Hauptwalze durch entsprechende Segmente werden 15 Zugsteuerungsleitungen gespart, indem die Leitungen 1 bis 15 wechselseitig zur Überführung des Steuerstromes nach den Hauptschützenspulen 1 bis 15 benutzt werden, je nachdem, ob von dem einen oder andern Ende der Lokomotive aus gesteuert wird.

Acht derartige Lokomotiven sind in Betrieb und zwei im Bau. Mechanischer Teil von den Firmen A. B. Svenska Järnvägsverkstäderna, Falun, und A. B. Lindholmen-Motala, Motala Verkstad, geliefert.

1 C 1-Lokomotive (Klasse D) für Güter-, Personen- und Schnellzugdienst, Linie Stockholm – Gothenburg, Abb. 15 bis 17 und Zahlentafel 4.

Art der Kraftübertragung: Zahnräder (gefedert) und Blindwelle, Übersetzung 1 : 4,24 und 1 : 3,19. Fahrdrahtspannung im Mittel 15 000 V bei 16⅔ Per./s.

Die Schaltung ist durch einige Einzelheiten bemerkenswert, Abb. 18.

Die Ölschalterauslösung[4]) soll den Ö schalter keine größeren Leistungen abschalten lassen a jene, für die er bemessen ist. Erreicht wird dies dur die Anordnung nach Abb. 18. Vom Stromabnehmer ge der Strom durch die Höchststromspule des Ölschalters u über seine eigenen Kontakte nach der Hochspannung wicklung des Transformators. Von der Steuerstro anzapfung des Transformators wird Strom entnommen, d über Kontakte des Höchststromrelais zur Auslösespule g führt wird. Der Ölschalter wird also durch die Höch stromspule nicht unmittelbar, sondern mittelbar ausgelö Treten nun Kurzschlüsse oder kurzschlußartige Übe lastungen auf, so bleibt die Steuerspannung entweder ga aus oder sinkt unter einen gewissen Wert, der zur Au lösung des Ölschalters nicht mehr genügt. Die Störu muß dann von der Unterstation abgeschaltet werden.

Um nun zu wissen, daß die betreffende Lokomoti die Ursache der Stromunterbrechung war, sind die Ö schalter noch mit einer mechanischen Ausschaltvorrichtu versehen, die bei Rückgang des Höchststromrelais in d Ruhelage in Tätigkeit tritt. Die Verriegelung der Schütz ist neuartig[5]). Die zwangläufige Verriegelung, wie s z. B. bei den 0 d-, Pb- und 0 f-Lokomotiven angewend wurde, hat den Nachteil, daß die Endschützen stark dur Hilfskontakte überlastet werden. Bei der neuen Schaltu wird dies dadurch verhindert, daß ein Teil der Schütze rückleitungen abwechselnd vor- oder rückschreitend v riegelt wird.

Die Schützen werden auf diese Weise in Gruppen g teilt, die teilweise gemeinsam gegeneinander gesperrt w den. Dadurch wird die Gesamtzahl der Hilfskonta vermindert und ihre Verteilung auf die verschieden Schützen wird gleichmäßiger. Ein Kennzeichen der ne artigen Verriegelung ist, daß durch Änderung von A zahl und Art der Gruppen die Verteilung der Hilfskonta auf die verschiedenen Schützen ziemlich willkürlich g

[4]) Vergl. Elektr. Bahnen Bd. 1 (1925) S. 167.
[5]) Schwed. Patent Nr. 57 444.

Abb. 18. Schaltbild der zuerst ausgeführten 1 C 1-Lokomotiven.

Abb. 19 bis 21
C-Verschiebelokomotive für Stockholm – Gothenburg.

Zahlentafel 5. Konstruktionszahlen der C-Verschiebelokomotive.

Länge über die Puffer	9 600 mm
Treibraddurchmesser	1 100 „
Gewicht der Lokomotive	46,2 t
„ des mechanischen Teiles	30,4 „
„ „ elektrischen „	15,8 „
Achsdruck	15,4 „
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	25 km/h
Höchstgeschwindigkeit	45 „
Anfahrzugkraft am Radumfang	12 000 kg
Zugkraft bei Stundenleistung	7 400 kg
Stundenleistung	710 PS
Dauerleistung	580 „
Motorstrom bei Stundenleistung	1 980 A
„ „ Dauerleistung	1 620 „

Art der Kraftübertragung: Zahnräder (gefedert) und Blindwelle, Übersetzung 1 : 4,56.

ändert werden kann, was unzweifelhaft einen Fortschritt bedeutet. Alle Kontakte, die eine bestimmte Schütze über eine oder mehrere andre verriegeln, sind in vorliegendem Fall in die Zuleitung der betreffenden Schützenspule gelegt worden. Das ist jedoch nicht notwendig, sondern sie könnten ebenso in den Rückleitungen liegen wie die für mehrere Schützen gemeinsamen Verriegelungskontakte.

Die Lokomotiven sind für elektrische Zugheizung eingerichtet; drei verschiedene Spannungen stehen dafür zur Verfügung, die durch einen handbedienten Umschalter wahlweise durch Vermittlung einer Schütze an die Heizkupplungen angeschlossen werden. Für die Heizung werden 450 kW für 1 h oder 300 kW dauernd gebraucht.

Ein elektromagnetisch betätigtes Bremsventil mit Zeitverzögerung ist vorhanden, das bei stromloser Spule nach Ablauf einer gewissen Zeit (einstellbar zwischen einem Bruchteil von 1 s und 30 s) die Druckluftbremsen in Tätigkeit setzt. Durch Stromlosmachung der Fahrleitung sollen auf diese Weise die auf der Strecke befindlichen Züge angehalten werden. Weiter ist auch, wie üblich, ein Druckluftausschalter vorhanden, der bei Notbremsung vom Zuge aus den Steuerstrom und dadurch die Stromzufuhr zu den Motoren unterbricht.

Die Schalteinrichtungen sind auch hier wieder in einem Gestell untergebracht. Großes Gewicht ist von vornherein bei den Schützen aller beschriebenen Lokomotiven auch auf die Hilfskontakte gelegt worden. Die Kontaktfinger sind als Scharnierfinger mit Stahldruckfeder ausgebildet. Die Hilfskontaktstücke machen eine kreisförmige Bewegung und gewährleisten auf diese Art dauernd gute Berührung.

Die Schaltung für sieben nachgelieferte Güterzuglokomotiven weicht von der für die ersten 50 Lokomotiven dieser Bauart etwas ab. Die Änderungen sind hauptsächlich bedingt durch die Forderung der Einmannbedienung und den Fortfall der Zugsteuerung. (Die Möglichkeit, Zugsteuerungskupplungen anzubringen, ist jedoch vorgesehen.) Für den Verschiebedienst ist in dem einen Führerstand noch ein zweiter Fahrschalter angeordnet. Die Schaltung im Motorkreis und die der Hauptschütze ist unverändert.

Das beschriebene Bremsventil ist von unmittelbar durch den Kurbeldruckknopf betätigten Kontakten abhängig gemacht worden, so daß bei Unpäßlichkeit des Führers Notbremsung eintritt. Auf den Bahnhöfen kann die Bremswirkung durch Absperrung des Auspuffs am Bremsventil mittels eines mit der Umschaltwalze gekuppelten Schiebers aufgehoben werden. Da die Umschaltwalze für diesen Zweck benutzt wird, kann die Lüfter- und Kompressorschütze und die Heizschütze nicht mehr über die Umschaltwalze gesperrt werden. Hierzu dient dann ein besonderer, im Schützengestell eingebauter Umschalter mit drei Stellungen (Führerstand A, Führerstand B und Nullstellung). Verläßt der Führer die Lokomotive, so stellt er den Umschalter auf null. Der Umschalter wird unmittelbar durch Druckluft von den Fahrschaltern aus eingeschaltet. Motor- und Transformatorlüfter werden durch je eine besondere Schütze geschaltet.

Mechanischer Teil geliefert von A. B. Svenska Järnvägsverkstäderna, Falun, A. B. Lindholmen-Motala, Motala Verkstad, Nydquist & Holm A. B., Trollhättan.

Verschiebelokomotive C (Klasse U) für die Strecke Stockholm – Gothenburg, Abb. 19 bis 21 und Zahlentafel 5.

Zehn Schaltstellungen und eine Vorstellung sind vorhanden. Zwölf Motorschützen und eine dreiteilige Drosselspule kommen zur Anwendung. Alle Apparate sind von der gleichen Konstruktion wie für die Lokomotiven der Klasse D, mit Ausnahme der Fahrschalterwalzen, die natürlich der veränderten Schaltung angepaßt sind. D

Abb. 22
Schneeschleuder.

Motorschützen werden gegeneinander in derselben Art verriegelt, wie bei den Lokomotiven der Klasse D, mit dem Unterschiede, daß alle Verriegelungskontakte in den Rückleitungen der Schützenspulen liegen.

Eine Besonderheit der Schaltung besteht darin, daß die beiden Fahrschalter vollkommen unabhängig voneinander bedient werden können. Haupt- und Umschaltwalze des einen Fahrschalters können in einer beliebigen Stellung stehen gelassen, und die Steuerung der Lokomotive kann mit dem andern Fahrschalter fortgesetzt werden, ohne daß dadurch Störungen eintreten. Die Anordnung wurde so getroffen, daß der Führer von der einen oder andern Seite des Führerstandes aus steuern kann, je nachdem der Betrieb es erfordert.

Von diesen Lokomotiven wurden drei geliefert; mechanischer Teil von Nydquist & Holm A. B., Trollhättan.

Schneeschleuder, Abb. 22, für die Riksgränsbahn.

Die Lage der Riksgränsbahn (sie liegt zum größten Teil über dem nördlichen Polarkreis) bringt es mit sich, daß eine der größten Schwierigkeiten für den Betrieb darin besteht, die Schienen in dem langen Winter von den Schneemassen freizuhalten. Die neuesten Geräte zur Freihaltung der Schienen von Schnee sind zwei elektrisch betriebene Schneeschleudern. Vermutlich sind es die einzigen derartigen Schneepflüge der Welt, die für elektrischen Betrieb ausgeführt sind.

Die eigentliche Schneeschleuder besteht aus einem großen, umlaufenden Schaufelrad, durch das der Schnee auf die eine oder andre Seite des Schienenstranges (die Drehrichtung ist umkehrbar) geschleudert wird. Der Schneepflug hat keinen eigenen Triebmotor, sondern wird von einer der beschriebenen D-Güterzuglokomotiven geschoben. Als Triebmotor für das Schaufelrad wird derselbe Motor wie für die D-Lokomotive verwendet, der 565 PS Stundenleistung hat. Der Axialdruck des Schaufelrades wird von einem Kugeldrucklager für 20 t Belastung abgefangen.

In dem Führerstand der Schneeschleuder sind zwei Fahrschalter untergebracht. Einer, der rechte, dient zur Steuerung des Schaufelradmotors unter Vermittlung elektromagnetisch betätigter Schützen in genau derselben Weise wie bei den Lokomotiven. Mit dem andern wird die schiebende Lokomotive, die mit der Schneeschleuder in Zugsteuerung verbunden ist, in Tätigkeit gesetzt. Die Apparate sind ebenso gebaut wie für die Lokomotiven. Ein Fliehkraftschalter unterbricht den Steuerstrom und schaltet dadurch die Stromzufuhr für den Schaufelradmotor ab, wenn das Schaufelrad mehr als 170 U/min macht. Die normale Drehzahl beträgt 125.

Abb. 23 bis 25
Akkumulatorenlokomotive für die Strecke Stockholm – Gothenburg.

Zahlentafel 6. Konstruktionszahlen der Akkumulatorenlokomotive.

Länge über die Puffer	8900 mm	Stundenleistung	70 PS
Treibraddurchmesser	940 „	Anzahl der Motoren	2
Gewicht der Lokomotive	24 t	Spannung der Motoren bei Stundenleistung	324 V
„ des mechanischen Teiles	10,5 t	Fahrleitungsspannung (mittel) . (bei $16^2/_3$ Per./s)	15 000 „
„ „ elektrischen „	13,5 „	Aufnahmefähigkeit der Batterie	360 Ah
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	18 km/h	Entladespannung der Batterie	216 V
Höchstgeschwindigkeit	40 „	Höchste Ladespannung der Batterie	324 „
Anfahrzugkraft am Radumfang	2400 kg	Übersetzung	1 : 5,57
Zugkraft bei Stundenleistung	1150 „		

Abb. 26 bis 28 Einphasenstrom-Triebwagen.

Zahlentafel 7. Konstruktionszahlen des Einphasenstrom-Triebwagens.

Länge über die Puffer	20 800 mm	Zugkraft bei Stundenleistung	2 650 kg
Raddurchmesser	986 „	Stundenleistung	500 PS
Gewicht des Wagens	50 t	Dauerleistung	400 „
„ des mechanischen Teiles	33 „	Anzahl der Motoren	2
„ „ elektrischen „	17 „	Motorspannung bei Stundenleistung	305 V
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	50 km/h	Motorstrom bei Stundenleistung	700 A
Höchstgeschwindigkeit	75 „	Art der Kraftübertragung: Zahnräder	
Anfahrzugkraft am Radumfang	5 800 kg	Übersetzung	1 : 3,31

Untersuchungswagen

Für die Untersuchung und Ausbesserung der Fahrleitungsanlage sind bemerkenswerte Untersuchungswagen für die Strecke Stockholm – Gothenburg geliefert und bestellt. Auf dem Dache dieser Wagen ist eine drehbare Plattform aufgebaut, von der die Fahrleitung und Tranganordnungen leicht erreicht werden können. Im Innern des Wagens sind Werkbänke und die nötigen Werkzeuge untergebracht.

Da die Untersuchungswagen zum großen Teil auf stromlosen Strecken fahren müssen, haben sie eine Batterie und einen Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer mit senkrechter Welle erhalten; der Umformer ist zusammen mit dem Transformator in einem geschlossenen Raum untergebracht.

Akkumulatorenlokomotiven für die Strecke Stockholm – Gothenburg, Abb. 23 bis 25 und Zahlentafel 6.

Diese Lokomotiven sind für den Verschiebebetrieb und Zubringedienst auf Gleisstrecken ohne Oberleitung bestimmt. Die Kapazität der Batterie ist doppelt so hoch wie bei den Untersuchungswagen. Es sind zwei Motoren vorgesehen, die in gewöhnlicher Reihen-Parallel-Schaltung angelassen werden wie die zweimotorigen Straßenbahnwagen. Im Motorenkreis ist genau wie in den Untersuchungswagen eine vom Kurbeldruckknopf abhängige Schütze als Sicherheitseinrichtung bei Einmannbetrieb eingeschaltet. Ein dritter Fahrschalter zur Erleichterung des Verschiebens ist vorgesehen.

Die Lokomotiven sind ebenso wie die Untersuchungswagen mit Umformer zum Laden der Batterie versehen, damit sie von Ladestellen unabhängig sind. Die Schaltung dieser Einrichtung ist dieselbe wie bei den Untersuchungswagen, nur kommt eine auf dem Untersuchungswagen vorhandene Einrichtung für Spannungsprüfung hier in Wegfall. Zwecks Erreichung höherer Fahrgeschwindigkeiten können die beiden Batterien durch einen Umschalter in Reihe geschaltet werden.

Erwähnt sei noch, daß die Motoren gewöhnliche Straßenbahn-Tatzenlager-Motoren sind. Von derselben Bauart ist auch der Motor für die Untersuchungswagen.

Es ist zu beachten, daß Untersuchungswagen und Akkumulatorenlokomotiven keine Hochspannungs-Ölschalter haben, sondern nur eine Sicherung im Hochspannungskreise.

Einphasen-Motorwagen, Abb. 26 bis 28 und Zahlentafel 7.

Die Schaltung der Motorschützen ist wie bei den Verschiebelokomotiven ausgebildet. Zehn Fahrstellungen und eine Vorstellung sind vorhanden. Schaltung mit Dreifachdrosselspule wählte man, um u. U. von einem besonderen Führerwagen mit demselben Fahrschalter Lokomotiven und Motorwagen steuern zu können. Die Konstruktion der Fahrschalter ist dieselbe wie bei den neuen Lokomotiven der Klasse D, die Schützen sind der geringeren Stromstärke entsprechend kleiner. Die Schaltung ist grundsätzlich gleich der für die neuen Lokomotiven der Klasse D. Auf ein paar Unterschiede sei hingewiesen.

Obwohl die Umschaltwalze zur Abstellung der Bremswirkung des zeitverzögerten Bremsventils benutzt wird, ist doch die Lüfterschütze von der Umschaltwalze abhängig. Dies ist möglich infolge verhältnismäßig reichlicher Bemessung des Transformators. Die Lüfterschütze wirkt gleichzeitig als Nullspannungs- und Verriegelungsrelais. Die Verriegelung besteht darin, daß das Relais bei falscher Stellung des Fahrtwenders nicht anspringt, wodurch Fahren in falscher Richtung vermieden wird.

Der Ölschalter wird bei Fehlern im Heizkreis unmittelbar vom Stromwandler ausgelöst, während bei den Lokomotiven dazu Steuerspannung vom Haupttransformator benutzt wird. Das war notwendig, weil bei Kurzschluß der höchsten Spannungsstufen der primäre Strom nicht ausgereicht hätte, den Ölschalter des Unterwerks zum Abschalten zu bringen.

Einphasen-Motorwagen von geringeren Abmessungen sind ferner für die Bahn Bjärred – Lund – Harlösa gebaut worden.

Da die Leistung verhältnismäßig gering war, wurde von Schützensteuerung abgesehen und einfache Schaltwalzensteuerung mit Doppeldrosselspulen-Schaltung gewählt. Im Motorkreis ist eine Schütze eingeschaltet, die bei Loslassen des Kurbeldruckknopfes oder bei Anspringen des Höchstspannungsrelais unterbricht. Wie bei den andern Fahrzeugen für Einmannbedienung ist auch hier ein elektromagnetisches Bremsventil mit Zeitverzögerung vorgesehen, welches nach einer gewissen Zeit nach Loslassen des Kurbeldruckknopfes den Zug bremst.

Bemerkenswert ist der Hochspannungsschalter, Abb. 29, der als Luftschalter ausgeführt wurde. Der

RZ 860 Z 30 u 31

Abb. 30 bis 32. Dieselelektrische Lokomotive für 200 PS.

ichtbogen verteilt sich auf zwei Unterbrechungsstellen. Da der Schalter auf dem Wagendache sitzt und daher bei Fahrt stets Luftzug ausgesetzt ist, wurden Unterbrechungsversuche mit verschiedenen Windgeschwindigkeiten (auch in ungünstiger Richtung schräg von oben) gemacht. In allen Fällen erlosch der Lichtbogen schneller als bei vollkommener Windstille, obwohl er dabei natürlich in der Windrichtung abgetrieben wurde. Bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s war der Lichtbogen schon unterbrochen, ehe er Zeit hatte, an den Hörnern hochzusteigen.

Dieselelektrische Fahrzeuge, Abb. 30 bis 32.

Außer vorstehend beschriebenen rein elektrischen Fahrzeugen hat die ASEA mehr als 40 dieselelektrische Fahrzeuge für Vollbahnbetrieb mit Leistungen von 60 bis 00 PS geliefert. Diese Fahrzeuge werden durch die Diesel-Elektriska Vagn-Aktiebolaget (DEVA) vertrieben, einer von den Firmen ASEA und A. B. Atlas Diesel gegründeten Tochtergesellschaft.

Die Wagen geringerer Leistung, z. B. von 90 PS, haben Dieselmotor und Stromerzeuger an einem Ende, dann kommt ein kleines Gepäckabteil und daran anschließend die Personenabteile. Bei den größeren Fahrzeugen, s. Abb. 30 bis 32, muß mehr Raum für die Maschinen vorgesehen werden, weshalb nur noch Gepäck- und Postabteil Platz finden. Die Wagen werden je nach Größe und Verwendungszweck durch einen bis vier Motoren mit Tatzenlageraufhängung angetrieben.

Der Betriebsgang ist folgender, Abb. 33: Durch den Fahrschalter (je einer in beiden Führerständen) wird mittels Umschaltwalze die Fahrtrichtung (vorwärts oder rückwärts) eingestellt. Mit der Regelwalze wird dann in Stellung 1 der Dieselmotor durch den als Motor laufenden Stromerzeuger angedreht, der seinen Strom von der Batterie erhält. Ein in den Anlaßstromkreis eingeschalteter Magnet (Luftmagnet) öffnet infolge des Einschaltstromstoßes ein Ventil, das die Kompressionsluft ausströmen läßt und dadurch das Andrehen erleichtert. Ist der Stromstoß vorüber, so fällt der Magnet wieder und schließt das Ventil, worauf der Dieselmotor zündet und in Gang kommt. In der zweiten Stellung des Fahrschalters läuft der Dieselmotor leer. Diese Stellung ist für Verschiebebetrieb vorgesehen, damit ein fortwährendes Stillsetzen und Wiederanlassen des Dieselmotors vermieden wird. In dieser Stellung kann natürlich auch die Fahrtrichtungswalze umgestellt werden. In den übrigen Schalterstellungen wird das Feld des Stromerzeugers geregelt, damit die Motoren jeweils Strom von geeigneter Spannung erhalten. Außerdem wird eine Hilfsladeschaltung hergestellt, die auch während der Fahrt die Batterie ständig lädt. Diese Hilfsladung ist so wirksam, daß die Batterie nur ausnahmsweise besonders aufgeladen werden muß.

Die Motoren liegen meist parallel, nur bei schwierigen Anfahrverhältnissen werden sie in Reihe geschaltet. Diese Reihen- oder Parallelanordnung wird durch die Umschaltwalze des Fahrschalters eingestellt. Im Hauptstromkreis befindet sich eine Schütze, die in Verbindung mit einem Höchststromrelais bei Überlastung den Strom für die Moto-

RZ860Z29

Abb. 29
Hochspannungsschalter für kleine Triebwagen.

Abb. 32

Radstand
2000 + 4700 + 2000 = 8700 mm
Länge über die Puffer 13500 „
Länge des Wagenkastens . . . . . . 12500 „
Breite über die Außenwände gemessen . 3000 „
Höhe von Schienen- bis Dachoberkante 3640 „
Größte Höhe . . . . . 4270 „
Leergewicht . . . . . . 40 t

Abb. 33. Schaltbild der dieselelektrischen Lokomotive mit vier Motoren.

ren unterbricht. Von den durch den Kurbeldruckknopf bedienten Schnappfingern ist der Brennstoffmagnet abhängig. Beim Loslassen der Kurbel wird also die Brennstoffzufuhr abgeschnitten und die Stromlieferung hört auf. Bei Wagen mit Einmannbedienung werden durch den Kurbeldruckknopf außerdem besondere Kontakte bedient, die beim Loslassen ein Bremsventil mit Zeitverzögerung abschalten, damit bei einer Unpäßlichkeit des Führers der Zug nach Ablauf einer gewissen Zeit gebremst wird.

Die Zugkraftverhältnisse der Wagen sind so bemessen, daß sie auf 10 vT Steigung 100 bis 375 Fahrgäste befördern können. Das entspricht einem (60 PS) bis acht (300 PS) Personenwagen leichter Bauart, außer dem Triebfahrzeug.

Die große Wirtschaftlichkeit dieselelektrischer Fah[r]zeuge bei Vorhandensein leidlich billigen Brennstoffes i[st] zur Genüge bekannt. Ein Beispiel aus dem praktische[n] Betriebe sei jedoch angegeben. Einer der 160 PS leiste[n]den Motorwagen der Halmstad – Nässjö-Bahn fährt täglic[h] einen Zug Halmstad–Nässjö–Halmstad, zusammen 392 km. Das mittlere Zuggewicht beträgt 79 t. Die Geländeverhäl[t]nisse sind ziemlich schwierig. Die größte Steigung be[]trägt 16,7 vT. Der Boden erhebt sich 335 m über die Lag[e] von Halmstad und senkt sich dann wieder 45 m herunte[r] nach Nässjö. Der mittlere Verbrauch für diese Züge beträg[t] 0,45 kg Brennstoff (Masut) für 1 km oder 5,7 kg/tkm. Dieser Verbrauch entspricht einer Arbeit von 19 Wh/tkm. [B 860]

Beförderung andersspuriger Lokomotiven

Nachdem man begonnen hat, Seeschiffe für die Beförderung vollständig aufgebauter Lokomotiven einzurichten, gewinnt die Frage der Beförderung solcher Lokomotiven auf dem Landwege von der Fabrik zum Verladehafen, u. U. auch vom Überseehafen zum Verwendungsort besondere Wichtigkeit für den Fall, daß sie andere Spur haben als die Versandstrecke. Lokomotiven mit russischer Spur (1524 mm) kann man ohne Schwierigkeit so bauen, daß für die Beförderung auf Regelspur (1435) Achsen mit Regelspur eingeschoben werden, die im Versandhafen vor der Verladung gegen die richtigen Achsen ausgetauscht werden. In dieser Weise wurden auch die 1922 von der deutschen Industrie gelieferten 700 Lokomotiven für Rußland versandt.

Für Lokomotiven mit anderen Spurweiten war man bisher auf den Versand auf Wagen angewiesen. Nur kleine Lokomotiven konnten unzerlegt verschickt werden, da zwischen der üblichen Plattformhöhe von 1225 mm und der Höhe des Lademaßes von 4650 mm nur rd. 3400 mm Höhe zur Verfügung standen. Dieses Höhenmaß gilt aber nur für 1380 mm Breite, schränkte sich also für Führerhäuser wesentlich ein; denn für 2600 mm Breite stehen nur noch rd. 2550 mm Bauhöhe frei. Aber selbst 3400 mm Bauhöhe werden im allgemeinen von allen größeren neuen Lokomotiven für 1000 bis 1067 mm Spur überschritten, zumal die Mittellinie des Kessels immer höher rückt; sie liegt bei solchen Lokomotiven meist schon auf 2200 bis 2400 mm, bei der 1 E 1-Lokomotive der Südafrikanischen Bahn sogar auf 2591 mm über Schienenoberkante.

Die Bauhöhe für neuere 2 C-, 1 C 1- und 2 C 1-Lokomotiven genannter Spurweite liegt bei Ausführungen der letzten Jahre auf 3600 bis 3960 mm, selbst bei Spurweiten von 762 mm findet man Bauhöhen von 3050 mm. Man baute für solche Zwecke Tiefgangwagen. Hierbei war es möglich, die Auflagerung auf 760 mm, durch versenkt eingebaute Schienen sogar bis auf 550 mm der S.-O. zu nähern, also gegenüber Plattformwagen 675 mm zu gewinnen[1]). Solche Wagen werden aber teuer. Auch nehmen die Schwierigkeiten eines tiefen Auflagers mit Länge und Tragfähigkeit zu.

[1]) So z. B. bei dem Tiefgangwagen für Lokomotivbeförderung der Hanomag mit 8950 mm Schienenlänge und 50 t Tragfähigkeit; vergl. Hanomag-Nachr. Bd. 2 (1915) S. 18.

Abb. 1
Vorrichtung von Hyde und Chaplin zum Befördern andersspuriger Lokomotiven.
a Lokomotivrahmen *b* angesetztes Tragstück
c Förder-Drehgestell

Eine andere, anscheinend recht brauchbare Lösung is[t] Hyde und Chaplin in England kürzlich patentiert[2]) worden, Abb. 1. Bei dieser Neuerung wird der Lokomotivrah[]men *a* vorn und hinten durch ein ansetzbares Trag[]stück *b* mit Drehzapfen verlängert; dies setzt ma[n] auf ein je nach den Gewichtanforderungen zwei- bis drei[]achsiges Drehgestell *c* der Regelspurweite auf. Die ganz[e] Lokomotive schwebt zwischen den beiden Drehgestellen un[d] darf nun mit ihren tiefsten Teilen z. B. in Deutschland bi[s] auf 130 mm (im internationalen Verkehr 140 mm) übe[r] Schienenoberkante hinabragen. Rechnet man der Sicherhei[t] halber noch etwa 20 mm für die Durchbiegung des Rahmens hinzu, so steht in Deutschland 4500 mm Höhe zur Verfügung.

Auf diese Weise können nun nicht nur schmalspurige sondern auch breitspurige Lokomotiven befördert werde[n], sofern ihre Breite 3150 mm nicht überschreitet, und das is[t] im allgemeinen nicht der Fall. Allerdings muß hierbei au[ch] die vorgeschriebenen Breiteneinschränkungen in Krümmun[]gen Rücksicht genommen werden, die bei langen Lokomo[]tiven leicht über 100 mm betragen kann. Natürlich müsse[n] die Achslager der Lokomotive unterlegt werden, so daß di[e] Achsen nicht tiefer stehen als in betriebsmäßigem Zustand, ebenso sind die Drehgestelle gegen unbeabsichtigte Drehun[g] zu sichern. [M 2057] M.

[2]) Englisches Patent Nr. 287 955 vom 23. März 1928; vergl. „The Rai[l]way Engineer“ Bd. 49 (1928) Nr. 585 S. 346.

Neuere Untersuchungen von Schweißungen mit Röntgenstrahlen

Von Dipl.-Ing. A. Herr, Berlin

Auszug aus einem Vortrag in der Fachsitzung „Schweißtechnik" der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen am 9. Juni 1928

Einem kurzen Bericht über den augenblicklichen Stand der röntgenographischen Werkstoffprüfung folgt die praktische Auswertung der bisherigen Ergebnisse auf dem Gebiete der Schweißtechnik an der Hand von Belichtungstabellen und Expositionskurven von Eisen, Stahl und Kupfer. Die Kostenfrage bei technischen Röntgenuntersuchungen und die praktische Handhabung der Geräte. Beispiele für die Möglichkeit der Verwendung von Feinbauforschungsarbeiten für die Belange der Schweißtechnik. Dem Bericht wurde eine Erläuterung der Grundbegriffe von Wesen, Entstehung, Erzeugung und Verwendung der Röntgenstrahlen in der Schweißtechnik vorausgeschickt, da nach dieser Richtung Sonderwünsche geäußert worden waren. Die Untersuchungen wurden in der Schweißtechnischen Versuchsanstalt zu Wittenberge ausgeführt.

Röntgenstrahlen finden in der Schweißtechnik bereits mannigfache Verwendung. Ich verweise hier auf die in Zusammenarbeit mit Reichsbahnrat Dipl.-Ing. C. Kantner veröffentlichte einschlägige Literatur[1]). Am weitesten ist die Grobstrukturuntersuchung dabei fortgeschritten; sie beruht lediglich auf der einfachen Durchleuchtung des Werkstoffes, d. h. auf der verschiedenen Absorption des Röntgenlichtes bei seinem Durchgang durch den Werkstoff oder auf der Schwärzung der lichtempfindlichen Schicht in verschiedenen Schattierungen durch die Röntgenstrahlen. Das so entstehende Schattenbild läßt die Beurteilung der inneren Beschaffenheit des Werkstoffes oder der Schweiße zu. Bei nicht zu großen Werkstoffdicken wird diese Beobachtung auf dem Leuchtschirm möglich. Während auf dem Film das Negativ erscheint, zeigt der Leuchtschirm das Positiv des Röntgenbildes. Er besteht aus Stoffen, die im Röntgenlicht fluoreszieren, d. h. eine für unser Auge sichtbare Leuchterscheinung hervorbringen.

Zum Verständnis der Durchstrahlungsbilder (Schattenrisse) möchte ich noch einmal die Deutung der Röntgenogramme im Positiv, wie sie auf dem Fluoreszenzschirm sichtbar gemacht werden oder im photographischen Abzug erscheinen, und im Negativ, wie sie durch die Schwärzung des photographischen Filmes mittels der Röntgenstrahlen nach der Entwicklung ausgewertet werden, erläutern. In Abb. 1 und 2 habe ich Positiv und Negativ der gleichen Röntgenaufnahme einander gegenübergestellt. Die Aufnahmen zeigen eine Schweißung mit inneren Schrumpfrissen. Die Schweißung auf dem Leuchtschirm zeigt Abb. 1. Die ziemlich gleichmäßig beleuchtete Fläche zeigt den Baustoff, im vorliegenden Fall ein Kesselblech von 15 mm Dicke. Diese gleichmäßig matt beleuchtete Fläche durchzieht in der Längsrichtung ein dunklerer, bandförmiger Streifen in der Richtung der Schweißung. Hierdurch wird die Schweißung selbst gekennzeichnet. Sie erscheint deshalb dunkler, weil sie als Raupe aufgetragen ist und in dieser größeren Dicke das Röntgenlicht weniger hell durchfallen läßt als der dünnere Baustoff, das Kesselblech. Der dickere Werkstoff verschluckt also die Strahlung in stärkerem Maß als der dünnere.

In dem dunklen Streifen der Schweißraupe ziehen sich in der Schweißrichtung sehr helle, fast weiße, scharfausgezeichnete, teils blitzartig gezackte und auslaufende Linien hin. Daneben erscheinen auch einige weniger helle Linien. An diesen linienförmigen Stellen hat das Röntgenlicht den geringsten Widerstand bei seinem Durchgange zu überwinden, ist fast nicht durch Absorption geschwächt und bringt daher den Leuchtschirm grell zum Aufleuchten. In dieser scharfgezeichneten Form wirken sich Schrumpfrisse aus. Je weißer ein solcher Riß aufleuchtet, um so

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 571. Ferner C. Kantner und A. Herr, Die Verwendbarkeit der Röntgenverfahren in der Technik; Berlin 1928, VDI-Verlag.

a
b
a
RZ 1780 21

Abb. 1
Fluoreszenzbild (Leuchtschirm).

a
b
a
RZ 1780 22

Abb. 2
Schattenbild (Film).

Abb. 1 und 2
Positive und negative Röntgenaufnahme eines äußerlich nicht sichtbaren Schrumpfrisses im Innern einer elektrischen Kaltschweißung. Stahl 15 mm dick.

a Schweißraupe *b* Schrumpfriß

Abb. 3
Durchstrahlungsgerät für Leuchtschirmbeobachtungen und photographische Röntgenaufnahmen. Stahlgasflasche während der Untersuchung; die Schutzwand vor dem Gerät ist fortgelassen.

tiefer ist der Werkstoff auseinandergerissen, eine um so größere Ausdehnung hat also der Riß in der senkrechten Richtung. Jene weniger hellen Risse lassen daher den Schluß zu, daß in ihrer Umgebung noch gesunder Werkstoff stehengeblieben ist. Mit dem Anfang der Rißbildung auf der rechten Seite fällt eine Aufhellung in der dunklen Fläche der Schweißraupe zusammen. Hier ist das Schweißgut gelockert, also für die Röntgenstrahlen durchlässiger. Hier haben chemische Einflüsse durch Verbrennung die Dichte des Werkstoffes herabgesetzt, so daß die Schrumpfung zu dem Anfang der Risse geführt hat.

Betrachtet man das Schattenbild, also das Negativ, dieses Röntgenbildes, wie es die photographische Aufnahme auf dem Röntgenfilm ergibt, so kehrt sich kurz gesagt das Bild um, Abb. 2. Je schneller das Röntgenbild durch den Werkstoff hindurchdringt, um so tiefer fallen die Schwärzungen der photographischen Schicht aus. Diejenigen Stellen der Schweißung, die auf dem Leuchtschirm am hellsten sichtbar wurden, ergeben auf dem Film die tiefsten Schwärzen: Es sind die Schrumpfrisse. Dann folgen die verbrannte Stelle mit den Rißkeimen, dann das Blech und schließlich die Schweißraupe, die ja in ihrer größten Dicke das Röntgenlicht bei seinem Durchgang am meisten schwächt.

Die photographischen Aufnahmen werden in der Regel auf beiderseitig beschichtete Doppelfilme hergestellt. Zur Steigerung des Belichtungsvorganges werden die Doppelfilme in der Röntgenkassette oder in der Filmtasche zwischen zwei Verstärkerfolien gelegt. Diese sind einseitig, d. h. auf der dem Film zugewendeten Seite mit einer Schicht aus Stoffen belegt, die im Röntgenlicht mit Wellenlängen fluoreszieren, die eine möglichst große photographische Wirkung ergeben. Diese Lichtwirkung unterstützt photochemisch den röntgenchemischen Schwärzungseffekt auf der photographischen Schicht und hilft damit die Belichtungszeiten auf Bruchteile der ohne die Verstärkerfolien erforderlichen Belichtungszeiten zu kürzen. Wird nun der entwickelte Röntgenfilm im Positivverfahren kopiert, so kehrt sich wieder die Schattierung um, im positiven Röntgenbild ergibt sich das zuerst auf dem Leuchtschirm beobachtete Röntgenbild.

Für leichtere Werkstücke verwendet man ein Durchstrahlungsgerät nach Abb. 3. Die Strahlung der Röntgenröhre durchdringt das mittels Bleiblenden abgedeckte Werk-

Abb. 7
Röntgendurchstrahlung eines Lokomotivzylinderblockes.

stück und bringt den unterlegten Fluoreszenzschirm zum Aufleuchten; das hier erscheinende Röntgenbild wird im Spiegel mittelbar bei erhöhtem Strahlenschutz beobachtet, da den Beobachter die Röntgenstrahlung nicht treffen kann. Ergibt nun die Beobachtung mit dem Auge auf dem Fluoreszenzschirm ein Kennzeichen an dem Untersuchungsgegenstand, das photographisch festgehalten werden soll, so wird an Stelle des Schirmes die Röntgenkassette mit dem Film gelegt und belichtet. Die Lage einer Fehlstelle ermittelt man mittels Aufnahmen unter verschiedenen Winkeln, Abb. 4 bis 6, mit denen man auch Überlagerungen von Fehlstellen in einem Werkstück feststellen kann.

Große Werkstücke, die photographisch geröntgent werden, bestrahlt man von der einen Seite, auf der andern Seite legt man den Film in einer Papiertasche an, die auf der freien Seite durch eine Lage Bleiblech gegen rückwärtige Bestrahlung geschützt wird. Über dem Werkstück, einem Lokomotivzylinder, Abb. 7, in dem Schutzkasten am Stativ, das für die Winkelbestrahlung mit Drehvorrichtungen, Führungen, Klemmen und Skalen zum Einstellen des Strahlenganges ausgerüstet ist, hat man die Röntgenröhre mit der rechtsstehenden Kühlpumpe durch Metallschläuche

Abb. 4
Bei wagerechter Aufnahme überdecken sich die Schatten der Hohlräume.

Abb. 5
Bei einer Neigung des Werkstückes um 30° fallen die Schatten nebeneinander.

Abb. 6
Statt der Neigung des Werkstückes kann man auch eine Neigung des Strahlenganges anwenden.

a Röntgenröhre *b* Werkstoff *c* Film

Abb. 4 bis 6
Bestimmung der Lage von Hohlräumen durch Winkelbestrahlung.

Abb. 8
Das Innere des Lokomotivzylinders.
a Strahlengang
b Film mit Bleiblech abgedeckt

Abb. 10
Profil des Lokomotivzylinders.
a Hohlraum *b* Bleiblende
c Film *d* Verstärkerfolie
1, 2, 3 Teilaufnahmen

Abb. 9
Das Äußere des Lokomotivzylinders.
a Strahlengang
b Bestrahlungsfeld durch Blei abgedeckt

verbunden, eingebaut. Im Innern des Zylinders legt man den Film an, Abb. 8, und schützt ihn durch ein Bleiblech gegen äußere Strahlung. Die Öffnungen des Zylinders hat man außerdem noch mit Bleiblechscheiben verschlossen, Abb. 7. Auf der der Röntgenröhre zugewendeten Seite hat man die Bestrahlungsfelder durch Bleiblechplatten abgedeckt, Abb. 9. Abb. 10 zeigt das durchstrahlte Profil und Abb. 11 die Übersichtsaufnahme der aufgeschweißten Bruchstelle. Die Röntgenaufnahme, Abb. 12, zeigt blasigen Guß mit einem großen Nest von Hohlräumen, während man die Übergangzone vom Zylinderwerkstoff zum aufgeschweißten Baustoff blasenfrei und vollkommen dicht befunden hat.

Hier möchte ich noch einmal darauf hinweisen, daß im Röntgenbild sehr wohl platte Hohlräume, plattgedrückte Blasen u. dgl. in ihrer Flächenausdehnung, also wagerecht zum Strahlengang, nachgewiesen werden können. Auch das für technische Zwecke in Vorbereitung befindliche densometrische Verfahren zur Messung oder Sichtbarmachung geringer, mit unbewaffnetem Auge nicht mehr wahrnehmbarer Schwärzungsunterschiede in der photographischen Schicht, die solche Flächengebilde hervorrufen, wird die okulare Beobachtung noch verschärfen. So weit sich bis jetzt sagen läßt, werden sich solche geringen Querschnittsunterschiede in der Senkrechten und ihre Ausdehnung in der Wagerechten nachweisen und messen lassen.

Auch die Prüfung von Stahlgasflaschen, Dissousgasflaschen und Hilfswerkstoffen aller Art, wie Elektroden, Kabel, Drähte, Kohlen usw., auf Beschaffenheit und Verwendbarkeit auf röntgenographischem Wege mag noch nebenbei erwähnt werden; denn die Erfahrung hat gelehrt, daß mit dem Vorhandensein einer Röntgenanlage stetig die Wünsche wachsen und sich so viele neue Arbeitsaufgaben anfinden, daß die Zeit neben den laufenden Betriebsuntersuchungen oft recht knapp wird.

Bei all diesen Untersuchungen spielt natürlich die Frage, bis zu welcher Werkstoffdicke sich die Durchstrahlung noch mit wirtschaftlichem Erfolge durchführen läßt, die Hauptrolle. Hierbei kommt es 1. auf den Werkstoff, 2. auf die Zeit, in der eine solche Durchstrahlung ausgeführt sein muß, 3. auf die Spannung des Betriebstromes

Abb. 11
Übersichtsaufnahme der Warmschweißung des Lokomotivzylinders. Die Übergangszone ist schwarz gekennzeichnet.

und 4. vor allem auf den Wert des zu untersuchenden Werkstückes wie überhaupt auf den Wert der Untersuchung an sich an, da hiervon ja überhaupt die Wirtschaftlichkeit einer längeren Durchstrahlung abhängt.

Auf Grund der nun fast zweijährigen Arbeiten in der Schweißtechnischen Versuchsanstalt Wittenberge und an der Hand von besonders hergerichteten Proben hat man die ermittelten Betriebzahlen für Schweißungen und Werkstoffe aus Eisen, Stahl und Kupfer in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Zu dem Zwecke der Prüfung der bisherigen Betriebsergebnisse wurden Gasschmelzschweißungen an Stahl und Kupfer, elektrische Kaltschweißungen an Stahl und elektrische Warmschweißungen an Eisen betriebsmäßig hergestellt. Die Abmessungen betrugen für Eisen und Stahl von 5 mm bis 100 mm und für Kupfer von 5 mm bis 65 mm in zunehmenden Dicken von 5 zu 5 mm. Die Durchstrahlungen wurden photographisch festgehalten und hierbei die Spannung und die Belichtungszeiten gemessen. Die Stromstärke wurde bei allen Untersuchungen auf dem Mindest-

Abb. 12. Röntgenaufnahme (positiv) der Warmschweißung des Lokomotivzylinders.
a Hohlräume *b* Übergangzone, nicht geschweißter Werkstoff, 25 mm dick

Zahlentafel 1

Belichtungstafel für Eisen-, Stahl- und Kupferschweißungen

Betriebstromstärke gleichbleibend 4 mA!
Betriebspannung in Kilovolt-Gleichspannung. Scheitelwert an der Müller-Matwa Röntgenröhre am Seifert-Spektral-Isovolt gemessen (kV)
Belichtungszeiten mit Schaltuhr am Relais gemessen *b* (min)
Dicke der Versuchschweißungen *d* (min)
Röntgenfilm Agfa 0,5
Verstärkerfolien „Kahlbaum"

Abstand Brennfleck — Film: 350 mm (bis 40 mm) | 400 mm (über 40 mm)

Eisen
Elektrische Warmschweißungen

d		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	85	100 mm
kV		100	110	120	130	140	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	210 kV
b		1	1.5	3	4	6	7	11	15	20	30	45	60	75	100	150	240 min

Stahl
Elektrische Kaltschweißungen

d	5	10	15	20	25	30	35	40	45	55	65	75	85	90	100	mm
kV	100	110	120	130	140	150	160	170	180	185	190	195	200	210	220	kV
b	0,5	1	4	5	6	8	15	30	45	90	140	150	240	260	360	min

Stahl
Gasschmelzschweißungen

d	5	10	15	20	25	30	35	40	45	55	65	75	85	90	100	mm
kV	100	110	120	130	140	150	160	170	180	185	190	195	200	210	220	kV
b	0,5	1	4	5	6	8	15	30	45	90	140	150	240	260	360	min

Kupfer
Gasschmelzschweißungen

d	5	10	15	20	25	30	35	40	45	55	65 mm
kV	120	140	160	170	180	185	190	195	200	210	220 kV
b	1	3	8	12	15	25	35	50	70	140	240 min

wert von 4 mA gleich hoch gehalten. Die Spannungen wurden so gewählt, daß sich bei den niedrigsten Werten noch kontrastreiche Schattenbilder ergaben.

Es wurde also gearbeitet bei den Mindestwerten an Gleichspannung und gleich großer Stromstärke (4 mA) mit einer Müller-Matwa-Rundfokus-Röntgenröhre an einem Seifert-Spektral-Isovolt. Der Brennfleckabstand (Film-Antikathode) betrug bei Werkstoffdicken bis 4 mm 35 mm und über 40 mm 400 mm. Man benutzte Doppelfilme (Agfa — Schwärzungsgrad 0,5) zwischen zwei Kahlbaum-Verstärkerfolien. Abb. 13 zeigt schematisch die Versuchsanordnung.

Aus den mittels Proben ermittelten Werten geht hervor, daß die bereits früher mitgeteilten Betriebsangaben bestätigt wurden. Auch die Grenzwerte für Eisen, Stahl und Kupfer bei photographischen Röntgenuntersuchungen haben keine wesentlichen Abweichungen gezeigt.

Die einfache und übersichtliche Entwicklung dieser Werte erscheint insofern für den praktischen Betrieb von Bedeutung, als an ihrer Hand sehr schnell die Ermittlung der Betriebsangaben für eine Grobstrukturuntersuchung auch dem Anfänger möglich ist. Eine Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes geht damit natürlich einher, da Vorversuche entfallen und Fehlergebnisse infolge Unsicherheiten in der Wahl der Spannungen und Belichtungszeiten auf einen Mindestwert beschränkt werden können.

Die Anschaffungskosten hängen in erster Linie von der Art und der Dicke der zu untersuchenden Werkstoffe ab. Fahrbare Anlagen sind in der Regel etwas teurer als ortfeste. Bei der Untersuchung von Leichtmetallen bis zur Durchstrahlbarkeitsgrenze und von Schwermetallen bis 20 mm Dicke bei Eisen kommt man mit einfachen Geräten aus. Die Anschaffungskosten dürften einschließlich der notwendigen Hilfsgeräte 5000 *RM* nicht übersteigen.

Bei der Untersuchung von Schwermetallen bis zur Durchstrahlbarkeitsgrenze (mit den augenblicklich herstellbaren Röntgenröhren) muß man schon Hochleistungsgeräte verwenden. Die Anschaffungskosten einschließlich der erforderlichen Hilfsgeräte sind mit 10 000 *RM* zu veranschlagen.

Hiernach stellt sich d[ie] Kostenberechnung für Gro[b]strukturuntersuchungen am fe[r]tigen Stück wie folgt:

A. Mittlere Anlage:

Anschaffungswert 5000 *RM*.

1. Abschreibung der Anlage: 10 vH jährlich bei 10 Jahren (200 Betriebsstunden im Monat) . . . 0,20 *RM*/h
2. Abnutzung:
   1 Röntgenröhre 420 *RM* (800 h Lebensdauer) 0,52 „
   1 Ventilröhre 400 *RM* (1000 h Lebensdauer) 0,40 „
3. Stromkosten: 2 kWh (Werktarif 0,05 *RM*/kWh) . . . . 0,10 „
4. Löhne u. Gehälter 1,80 „
5. Allgemeine Unkosten 1,80 *RM*, hiervon 25 vH . 0,45 „

Betriebskostensumme 3,47 *RM*/h

Diese Betriebskosten verteilen sich nach der Stundenleistung wie folgt:

1. bei der Leuchtschirmbeobachtung, z. B. Leistung in 1 h 60 Blechteile 5 mm dick, bezogen auf den Blechteil . . . . 0,06 *RM*
2. für photographische Aufnahmen (Mittelwerte): Leistung in 1 h 6 Eisenschweißungen 5 mm dick, Betriebskosten . . . rd 3,45 *RM*
   6 Röntgenfilme 13 × 18 + Chemikalien . 3,75 „
   7,20 *RM*
   Kosten für eine Aufnahme von 5 mm dickem Eisen . . . . 1,20 „

Bei der Untersuchung von Leichtmetallen verbilligen sich naturgemäß diese Kosten, da eine viel größere Zahl von Aufnahmen gemacht werden kann. Hinzu kommt, daß mit dem Leuchtschirm noch Werkstoffdicken okular beobachtet werden können, für die bei Schwermetallen schon das photographische Verfahren angewendet werden müßte.

B. Hochleistungsanlage: Anschaffungskosten 10000 *RM*

Abschreibung der Röntgenanlage nebst Zubehör 10 vH jährlich bei 10 Jahren (200 Betriebsstunden im Monat) . . . . 0,41 *RM*/h
Abnutzung:
1 Röntgenröhre 695 *RM* (800 h) . . . . 0,87 „
2 Ventilröhren 880 *RM* (1000 h) . . . . 0,88 „
Stromkosten: 5 kWh (Werktarif 0,05 *RM*/kWh) 0,25 „
Kosten für Löhne und Gehälter . . . . . . 1,80 „
Allgemeine Unkosten 25 vH von 1,80 *RM* . . . 0,45 „

Kostensumme für eine Betriebsstunde 4,66 *RM*/h

Abb. 13
Versuchsanordnung zur Ermittlung der Belichtungszeiten.

a Meßfunkenstrecke
b Röntgenröhre
d Schweißstellen mit Bleiblende
f Brennfleckabstand

Abb. 14 Eingeschweißter Baustoff.

Abb. 15 Übergangzone.

Abb. 16 Übergangzone nach der Erwärmung.

Abb. 14 bis 16
Laue-Aufnahmen normaler Kupferschweißungen.

Die Betriebskosten für diese Anlage berechnen sich ach der Stundenleistung wie folgt:

1. bei der Leuchtschirmuntersuchung, z. B.: Leistung in 1 h 30 Stahlgußteile von 15 mm Wanddicke, bezogen auf ein Stahlgußteil . . . . 0,16 RM
2. für die photographische Aufnahme (Mittelwerte): Leistung in 1 h 6 Eisenschweißungen, 35 mm Dicke, Betriebskosten . . . . 4,66 RM
6 Röntgenfilme 13 × 18 + Chemikalien . 3,75 „
8,41 RM
Kosten für eine Aufnahme von 35 mm dickem Eisen . . . . 1,40 „ .

Wird statt auf Röntgenfilme auf lichtempfindliche Papiere photographiert, so verbilligt sich das Verfahren um etwa ein Drittel der Kosten. Die Beschaffung des Papiers ermäßigt die Kosten der Aufnahme an sich auf rd. ein Fünftel, dafür steigen aber die reinen Betriebskosten infolge der notwendig werdenden längeren Belichtungszeiten für Papier um mehr als das Doppelte. Kommt hinzu, daß man für Diapositiv- oder Vervielfältigungsverfahren die Filmnegative verwenden muß, so wird man sich für das Filmverfahren zu entscheiden haben.

Bezüglich der noch nicht betriebsmäßig durchgebildeten, d. h. für die schweißtechnischen Zwecke noch nicht ohne besondere Vorbereitungen verwendbaren Verfahren für Strukturuntersuchung möchte ich im allgemeinen auf das bereits veröffentlichte Schrifttum[2]) verweisen. Von den bereits als schweißtechnisch nutzbringend erkannten Verfahren wäre vorerst das Kristallverfahren von Laue als erfolgversprechend zu bezeichnen. Die grundlegenden genauen Arbeiten hat man bereits an Aluminium vor längerer Zeit durchgeführt[3]). Während sich die bisherigen Untersuchungen auf die Formveränderung und die dabei auftretenden eigentümlichen Veränderungen der Interferenzen im Laue-Diagramm erstreckten, verfolgen die neuen Untersuchungen den umgekehrten Weg. Sie wollen zu Rückschlüssen auf den inneren Zustand der Werkstoffe, ausgehend von den Veränderungen der Laue-Diagramme, hinführen.

Man durchleuchtet den Werkstoff mit harter Strahlung und wendet wie bei der Grobstrukturuntersuchung Röntgenröhren mit Wolframantikathoden an. Daher besteht die Aussicht, auch Werkstoffe in größeren Dicken beobachten zu können. Vorläufig müssen aber genügend praktische Erfahrungen versuchsmäßig an dünnen Proben gesammelt werden, bevor man zu einer Anwendung des Verfahrens bei dickeren Werkstücken übergehen kann. An einer großen Zahl von Reihenaufnahmen sind diese praktischen Vorarbeiten bereits geleistet worden[4]).

Die Aufnahmen hat man mit einer für technische Untersuchungen besonders ausgebildeten Kamera nach Schiebold[5]) ausgeführt. Sie erstreckten sich bis jetzt auf Schweißungen an Kupfer, elektrische Kaltschweißungen und elektrische Warmschweißungen sowie auf Gasschmelzschweißungen. Die Werkstoffe wurden in ungehämmertem und in gehämmertem Zustande untersucht. Auch wurden normal geschweißte Proben solchen Schweißungen gegenübergestellt, bei denen auf thermischem wie mechanischem Wege künstlich Sonderzustände in Baustoff, Schweißung und Übergangzonen geschaffen worden waren. Die Untersuchungsproben richtete man durch Abätzen oder durch Abdrehen nach voraufgegangenem Fräsen her. Nach Festlegung der entsprechenden Grundwerte muß dieses Verfahren weiter ausgebaut werden. Hierzu sind besondere Vorrichtungen und Verbesserungen an den bisher benutzten Einrichtungen zu schaffen.

Abb. 14 bis 16 zeigen Laue-Aufnahmen an normalen Kupferschweißungen von 10 mm Dicke. Abb. 14 zeigt die Interferenzen des eingeschweißten Baustoffes als Gußgefüge. Abb. 15 ist in der Übergangzone zwischen Kupferblech und Schweißung angesetzt und ergibt einen ausgeprägten Asterismus, d. h. eine Auszerrung bei gleichzeitiger Zusammenziehung der Interferenzen nach Abb. 14. Sie entspricht einem Kornwachstum bei zunehmender Spannung in den Kristallen. Um die thermische Einwirkung in den der Schweißung benachbarten Zonen zu beobachten, wurden auch Proben, an denen man innere Spannungen festgestellt hatte, nach der Wiedererwärmung untersucht. Schon bei Temperatursteigerungen bis 250 ° C traten Gefügeveränderungen ein, die eine beginnende Rückbildung des Gefüges erkennen ließen, Abb. 16. Die Kupferprobe zeigte vor der Erwärmung den kennzeichnenden Asterismus innerer Spannungen, vergl. Abb. 15. Man erkennt in der Aufnahme, Abb. 16, die Auflösung des Asteriums als Zeichen eines Spannungsausgleichs und gleichzeitig das Auftreten punktförmiger Interferenzen als Zeichen dafür, daß bereits wieder eine Neubildung von spannungsfreien Kristallen neben ihrer Umorientierung eingesetzt hat.

Abb. 17 bis 21 zeigen Laue-Aufnahmen normaler elektrischer Kaltschweißungen 8 mm dicken Stahles. Die Laue-

[2]) Kantner und Herr a. a. O.
[3]) Sachs und Schiebold, Z. Bd 69 (1925) S. 1557 u. f.
[4]) In Gemeinschaft mit Prof. Dr. Schiebold, Dr.-Ing. Sachs, Dipl.-Ing. v. Göler und Dipl.-Ing. Leffring.
[5]) Kantner und Herr a. a. O.

Abb. 17 Kernzone.

Abb. 18 Scheitel.

Abb. 19 Ungeschweißter Baustoff, 4 cm von der Schweißung entfernt.

Abb. 20 Übergangzone in Nähe der Kernzone.

Abb. 21 Übergangzone in Nähe des Scheitels.

Abb. 17 bis 21
Laue-Aufnahmen normaler elektrischer Kaltschweißungen eines 8 mm dicken Stahles.

Aufnahme, Abb. 17, ist in der Kernzone und die Laue-Aufnahme, Abb. 18, im Scheitel der Schweißung angesetzt. Die Aufnahme, Abb. 17, zeigt einen weniger starken Asterismus als die Aufnahme, Abb. 18, die an sich regelmäßiger erscheint. Kornwachstum und zunehmende innere Spannungen sind die Ursachen dieser eigentümlichen Erscheinungen im Röntgendiagramm. Die Aufnahmen, Abb. 19 bis 21 sind im ungeschweißten Werkstoff vorgenommen. Abb. 19 wurde in rd. 4 cm Entfernung von der Schweißung angesetzt. Abb. 20 entstammt der Übergangzone in Höhe der Kernzone der Schweiße und Abb. 21 der Übergangszone in unmittelbarer Nähe des Scheitels der Schweiße. Die Diagramme zeigen zunehmende Kornverfeinerung oder Kornzerfall an, der metallographisch nicht nachzuweisen war. Bei fehlendem Asterismus kann Spannungsfreiheit erkannt werden, die die metallographische Prüfung nicht nachzuweisen vermochte. Dagegen konnte aus diesen Diagrammen nicht entnommen werden, ob nicht der ungeschweißte Werkstoff im Anlieferungszustande inneren Veränderungen unterworfen war, die durch die Schweißarbeiten zur Rückbildung veranlaßt wurden. Hier müßte man also den ungeschweißten Werkstoff vorher prüfen.

Abb. 22 bis 24 zeigen Laue-Aufnahmen elektrischer Warmschweißungen 20 mm dicken Eisens. Der ungeschweißte Werkstoff ist im Diagramm, Abb. 22, aufgenommen und zeigt grobes Korn bei geringem Asterismus, d. h. geringe innere Spannungen. Die Schweißung zeigt das Laue-Diagramm, Abb. 24, mit starkem Asterismus; sie steht unter starker innerer Spannung. Die Übergangzone zeigt das Laue-Diagramm, Abb. 23: abnehmende Spannung durch die beginnende Auflösung des Asterismus, Kornzerfall und einsetzende Neubildung von Kristallen. Eine Abschwächung in dieser Richtung läßt aber bereits auch die Laue-Aufnahme von der Schweißung, Abb. 24, deutlich erkennen. Hier kommt wahrscheinlich der thermische Effekt der verlangsamten Abkühlung zur gegenläufigen Auswirkung.

Die metallographische Untersuchung konnte hier noch keine Aufklärung bringen. Auch in diesen Fällen konnte man aus den Röntgendiagrammen keinen Schluß auf Einflüsse, die auf den Anlieferungszustand und die Vorbearbeitung des Werkstoffes zurückzuführen sind, ziehen. Hier müßte eine eingehende Vorprüfung der unveränderten Werkstoffe der eigentlichen Diagrammaufnahme vorausgehen.

Abb. 25 bis 30 zeigen Gasschmelzschweißungen 8 mm dicken Stahles. Drei Laue-Aufnahmen an ungehämmerten Schweißungen, Abb. 25 bis 27, sind solchen Diagrammen von gehämmerten Schweißungen, Abb. 28 bis 30, gegenübergestellt. Im ungeschweißten Werkstoff, in den Übergangzonen und in den Schweißungen selbst macht sich ein kennzeichnender Unterschied in den Laue-Diagrammen bemerkbar. Gegenüber den elektrischen Kaltschweißungen zeigt sich eine stärkere Einwirkung des Schweißvorganges auf den ungeschweißten Werkstoff und den Werkstoff der Übergangzonen. Der starke Asterismus läßt auch hier auf Spannungen schließen, die sich im ungeschweißten

RZ1780 Z22÷24

Abb. 22 Ungeschweißter Werkstoff. **Abb. 23** Übergangzone. **Abb. 24** Eingeschweißter Werkstoff.

Abb. 22 bis 24
Laue-Aufnahmen elektrischer Warmschweißungen 20 mm dicken Eisens.

Werkstoff am stärksten zeigen, sich aber nach der Schweißung hin vermindern.

Vergleicht man die ungehämmerten Proben mit den gehämmerten, so zeigt sich in den Diagrammen der gehämmerten Proben eine Auflösung des Asterismus in der Verwischung der scharfen Auszerrungen. Gleichzeitig tritt eine Neubildung in Gestalt eingelagerter Interferenzen hinzu. Diese Erscheinungen nehmen ebenso wie in den Diagrammen der ungehämmerten Proben in Richtung von dem ungeschweißten Werkstoff nach dem eingeschweißten Baustoff an Dichte ab. Wie bei den andern Proben waren auf metallographischem Wege bezüglich des inneren Zustandes der Kristalle sowie hinsichtlich einer Kristallumorientierung Beobachtungen nicht zu machen. Ebenso blieben uns diese Diagramme noch eine Erklärung bezüglich des Anlieferungszustandes des ungeschweißten Werkstoffes schuldig.

Inwieweit sich schließlich bei sämtlichen gezeigten Diagrammen nun noch mechanische oder thermische Einflüsse bei der Herrichtung oder der Probenahme ausgewirkt haben, muß noch eingehenderen Prüfungen vorbehalten bleiben. Hier kommt es vorläufig nur darauf an, zu zeigen, inwiefern aus solchen Strukturaufnahmen die Schweißtechnik in Zukunft Nutzen ziehen könnte.

Zusammenfassung

Ohne die kristallographische Auswertung der Diagramme können bereits Rückschlüsse aus den Interferenzen, ihrer Anordnung, ihrer Auszerrung (Asterismus) auf das Vorhandensein innerer Spannungen, auf Korngröße, Kornwachstum oder Kornzerfall, ferner auf die Beschaffenheit der Texturen des ungeschweißten Werkstoffes, des eingeschweißten Baustoffes und der Übergangzonen gezogen werden. [B 1780]

RZ1780 Z25÷27

Ungeschweißter Werkstoff. Übergangzone. Eingeschweißter Werkstoff.
Abb. 25 bis 27. Ungehämmerte Proben.

RZ1780 Z28÷30

Ungeschweißter Werkstoff. Übergangzone. Eingeschweißter Werkstoff.
Abb. 28 bis 30. Gehämmerte Proben.

Abb. 25 bis 30
Laue-Aufnahmen von Gasschmelzschweißungen 8 mm dicken Stahles.

Werkstoffprüfung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika

Von Dipl.-Ing. Dr. rer. pol. Felix Bardach, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, U. S. A.

Grundlage und Entwicklung: Das United States Bureau of Standards und die American Society for Testing Materials. — Prüfanstalten, Unterrichtswesen, Forschung.

United States Bureau of Standards

Mit dem ungeheuren Wachsen der amerikanischen Industrie und ihrer Bedürfnisse hat sich das Fachgebiet Werkstoffprüfung zu einer besonderen Höhe und Bedeutung entwickelt. Jedoch ist diese Entwicklung, im Gegensatz zu Deutschland und anderen Staaten, wesentlich auf Grund privaten Antriebes vor sich gegangen.

Staatliche Werkstoff-Prüfanstalten, die von den Regierungen der betreffenden Länder mit Geld unterstützt und überwacht werden, sind nur in wenigen Staaten Amerikas zu finden. Die Bedeutung dieser Anstalten für die Werkstoffprüfung ist gering, sie dienen in erster Linie Unterrichtszwecken. Eine Ausnahme bildet das United States Bureau of Standards, Washington, D. C., das am 1. Juli 1901 durch Bundesakte als selbständige Einrichtung unter dem Schatzministerium gegründet wurde. Später, im Jahre 1904, wurde das Bureau of Standards dem neugegründeten Handels- und Arbeitsministerium unterstellt.

Trotz seiner späten Gründung kann das Bureau of Standards als eine der Hauptgrundlagen der Werkstoffprüfung angesehen werden. Es ist aus dem Amt für Normalgewichte und -maße (Office of Standard Weights and Measures) hervorgegangen, das bereits seit 1838 als Teil des Schatzministeriums bestand und Normen für Gewichte, Längen- und Raummaße lieferte. Dieses Amt kann mit der im Jahre 1868 gegründeten Normal-Eich-Commission des Norddeutschen Bundes verglichen werden, obwohl es gewiß hinter ihm an Größe und Bedeutung zurückstand, wenn man bedenkt, daß im Jahre 1901 bei seiner Übernahme durch das United States Bureau of Standards der gesamte Stab aus acht Angestellten bestand, darunter einem Wächter und einem Botenjungen.

Abb. 1
Materialprüfmaschine im United States Bureau of Standards, Washington, für rd. 4500 t Druck.

Abb. 2
Materialprüfmaschine der Bauart Emery im United States Bureau of Standards, Washington, für rd. 1100 t Zug.

Die Werkstoffprüfung in Europa war damals weit besser entwickelt. In Deutschland trug man der Bedeutung der Normung und der Werkstoffprüfung durch Errichtung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg, im Jahre 1887 Rechnung. England richtete fast um dieselbe Zeit zwei große Prüfanstalten ein, nämlich das English National-Physical Laboratory, Teddington (1899), und das Electrical Standardizing Laboratory, Westminster (1890).

Vor der Gründung des United States Bureau of Standards wurde jährlich eine große Anzahl Geräte von Amerika den europäischen Anstalten zur Prüfung und Eichung zugesandt.

Nach der Gründung im Jahre 1901 ist jedoch die Bedeutung und Ausdehnung des Bureau of Standards in einem raschen, sozusagen amerikanischen Zeitmaß vor sich gegangen. Die Zahl der Angestellten betrug im Jahre 1927 nahezu 1000, davon die Hälfte Akademiker. Die jährlichen Aufwendungen betrugen über 1½ Mill. $.

Die Arbeiten des Bureau of Standards sind durch Statuten festgelegt. Sie umfassen:

1) Aufbewahrung der Normalmaße.
2) Vergleich der in wissenschaftlichen Untersuchungen, in industriellen, Handels- und Bildungsanstalten verwendeten Normen mit den von der Regierung aufgestellten Normen.
3) Schaffung von Normalmaßen, deren Teile und deren Vielfache.
4) Prüfung und Kalibrierung von normalen Meßgeräten.
5) Die Lösung von Aufgaben in Verbindung mit Normen.
6) Bestimmung physikalischer Kennzahlen und Werkstoffeigenschaften, wenn solche Werte von großer Wichtigkeit und anderswo nicht mit genügender Genauigkeit festgestellt werden können.

Die unter 4 und 6 aufgeführten Bestimmungen fallen zum größten Teile unter das Gebiet Werkstoffprüfung. Jedoch ist hier das Arbeitsfeld beschränkt, nur sogenannte grundlegende Werkstoffversuche können ausgeführt werden, Abb. 1 und 2, auf den Handel bezügliche und industrielle Prüfungsarbeit wird im allgemeinen nicht geleistet.

Diese liegt in den Händen privater Organisationen und einzelner technischer Bildungsanstalten. In Ermangelung der staatlichen Beeinflussung ist die Bedeutung der privaten Organisationen, die Prüfungsanstalten unter-

Abb. 3. Das Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.

halten, sehr groß. Teils sind diese Laboratorien für Zwecke des eigenen Bedarfs bestimmt, teils handelt es sich um mittelbare kaufmännische Unternehmungen, die sich geschäftsmäßig mit allen Arten von Werkstoffprüfungen für den Handel und die Industrie befassen.

American Society for Testing Materials

Das große Verdienst, das Gebiet des Werkstoffwesens vollkommen organisiert und geordnet zu haben, gebührt der American Society for Testing Materials (A. S. T. M.), die im Jahre 1898 gegründet worden ist. In kurzer Zeit hat sich diese Gesellschaft zu außerordentlicher Bedeutung entwickelt, sie umfaßt heute mehr als 4000 Mitglieder: Privatpersonen, Firmen und wissenschaftliche Gesellschaften.

Die Organisation hat ihren Sitz in Philadelphia, Staat Pennsylvania, dort wird jedoch nur die organisatorische Arbeit geleistet, die praktische Arbeit liegt in den Händen der Ausschüsse, die bestimmte Werkstoffgruppen vertreten. Die Zusammensetzung dieser Ausschüsse besteht aus Herstellern, Verbrauchern und im allgemeinen Beteiligten; letztere umfassen unabhängige Ingenieure, Wissenschaftler und Lehrer.

Die Zahl der Hersteller darf die Zahl der Verbraucher und Allgemeininteressenten zusammen nicht überwiegen. Der Vorsitzende des Ausschusses muß ebenfalls Verbraucher oder Allgemeininteressent sein. Manchen Ausschüssen sind wiederum Unterausschüsse angegliedert. Das Arbeitsgebiet der Ausschüsse besteht allgemein darin, Normen für Werkstoffe und Versuchsverfahren zu schaffen.

Die Berichte dieser Ausschüsse werden der jährlichen Hauptversammlung der Gesellschaft unterbreitet und nach Genehmigung unter dem Titel „Proceedings" und dem Untertitel „Committee reports" (Ausschußberichte) jährlich veröffentlicht.

Zu gleicher Zeit veröffentlicht die A. S. T. M. jährlich einen zweiten Band „Proceedings" mit dem Untertitel „Technical Papers". Der Inhalt dieses Werkes besteht aus wertvollen wissenschaftlichen Arbeiten, Versuchen und Erörterungen einzelner Mitglieder.

Neben den Proceedings werden alljährlich die durch die Ausschüsse neu vorgeschlagenen Normen in einem Band unter dem Titel „Tentative Standards" veröffentlicht. Bevor eine Normung endgültige Aufnahme durch die A. S. T. M. findet, wird sie für ein oder mehrere Jahre als Vornorm (Tentative Standard) geführt. Während dieser Zeit ist Mitgliedern und andern Personen reichliche Gelegenheit zur Kritik gegeben.

Alle drei Jahre erscheint als Ergebnis dieser Arbeiten das große Werk der A. S. T. M.-Standards. Es enthält alle bis heute angenommenen Normen, einschließlich

1. der Standard Specifications, d. h. genormten Vorschriften oder Richtlinien zum Zwecke der Gütebestimmung bei Beschaffung eines bestimmten Werkstoffs;
2. der genormten Versuchsverfahren;
3. der genormten Bezeichnungen;
4. der empfehlenswerten Verfahren (recommended practice).

Das zuletzt im Jahre 1927 erschienene Buch A. S. T. M. Standards enthält in seinen zwei Bänden über 340 Normen und über 500 genormte Vorschriften und genormte Versuchsverfahren. Die Einteilung des Werkes besteht aus fünf Hauptgruppen: Metalle, Nichtmetalle, Baustoffe (Zement, Beton usw.), verschiedene Werkstoffe und Versuchsverfahren und Bezeichnungen.

Die Anwendung von Indexnummern gewährt weitere Unterteilung. Außerdem wird bei Nennung einer Normung die Jahreszahl ihrer Aufnahme angegeben. Probeweis aufgeführte Normen[1]) enthalten den Buchstaben T. Zum Beispiel bedeutet Standard A 65-25 T die Normungsbezeichnung eines Metalles der Gruppe 65, das im Jahre 1925 als Probenorm aufgenommen wurde.

Die Einrichtung des A. S. T. M. ist für das amerikanische Wirtschaftsleben von ungeheurer Bedeutung. Ihr Wirken kommt nicht nur der Wissenschaft, dem Handel und der Industrie zugute. Die gesamte Volkswirtschaft der Vereinigten Staaten ist der größte Nutznießer dieses tatkräftigen Normungs- und Rationalisierungswerkes.

Mit der Tätigkeit des Bureau of Standards und der American Society of Testing Materials steht das Werkstoffprüfwesen an den technischen Hochschulen und Fakultäten in engem Zusammenhange. Die meisten Beiträge zu den Veröffentlichungen der A. S. T. M. kommen aus den Laboratorien privater Firmen und technischer Bildungsanstalten. Zu den Hochschulen, die besonders erwähnenswert sind, gehören folgende[2]):

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts;
California Institute of Technology, Pasadena, California;
University of Illinois, Urbana, Illinois;
Armour Institute of Technology, Chikago, Illinois;
Cornell University, Ithaca, New York;
University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.

Massachusetts Institute of Technology

Von diesen Bildungsstätten, die über ausgedehnte Werkstoffprüfanstalten verfügen, steht das Massachusetts Institute of Technology, Abb. 3, wohl an erster Stelle. Die Anstalt gilt als bedeutendste technische Hochschule in den Vereinigten Staaten, ihre Werkstoffprüfabteilung gilt als eine der besteingerichteten. Das Massachusetts Institute of Technology ist eine rein private Anstalt. Ihre großartigen Anlagen, ihre Geldmittel sind von privater Seite beschafft worden. Geldgeber waren vor allem die Industrie, von der allein die Eastman Kodak Co. und die General Electric Co. Millionenbeträge zur Verfügung gestellt haben. Unterricht und Forschung stehen hier im engen Zusammenhange.

Unterrichtswesen

Als Unterlagen dienen die von dem Massachusetts Institute of Technology für Werkstoffprüfung gebotenen Kurse, die zum Teil zu meinem Lehrgebiet gehören. Der Unterrichtsgegenstand Werkstoffprüfung ist im Studienplan fast sämtlicher Fachrichtungen vorgesehen. Für den

[1]) Entsprechend den Vornormen des Deutschen Normenausschusses.
[2]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 109 u. f.

Zahlentafel 1
Übersicht der Übungen im Lehrgang für Materialprüfung

Nr.	Art des Versuchs	Werkstoff	Zweck des Versuchs
1	Plastische und elastische Untersuchungen	Flußstahl verschiedenen Kohlenstoffgehalts	Bestimmung von Elastizitätsgrenze, Streckgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Bruchquerschnittsverminderung, Elastizitätsmodul.
2	Untersuchung von legierten Stählen	Chrom-Vanadium-Stahl, gehärtet und vergütet	Bestimmung von Elastizitätsgrenze, Streckgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Bruchquerschnittsverminderung, Elastizitätsmodul.
3	Versuche an Nichteisenmetallen	Kupfer, Aluminium, Messing, Bronze	Bestimmung von Elastizitätsgrenze, Streckgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Bruchquerschnittsverminderung, Elastizitätsmodul.
4	Verdrehungsversuche	Flußstahl	Bestimmung der Elastizitätsgrenze, der Verdrehungsfestigkeit und der Zähigkeit.
5	Druck- und Knickversuche	Walzeisen (Winkeleisen)	Bestimmung von Spannungen unter Drucklast an verschiedenen Stellen des Trägers, Elastizitätsgrenze, Druck- und Knickfestigkeit, Schlankheitsgrad.
6	Dynamische Versuche	Metalle	Ermüdungsversuch nach Moore, Pendel- und Fallhammerversuche nach Charpy und Izod.
7	Druckversuche an Holz	Pitchpine, Douglas fir	Bestimmung der Druckfestigkeit längs und quer zur Faserrichtung, Einfluß von Dichte und Feuchtigkeitsgehalt.
8	Biegeversuche an Holz	Pitchpine, Douglas fir	Bestimmung der Biegungszugfestigkeit, der größten Scherspannung, des Elastizitätsmoduls.
9	Prüfung von Zement	Zement	Bestimmung der Feinheit, Zusammensetzung, Bindezeit und Zugfestigkeit. A.S.T.M.C 9-21.
10	Druckversuche an Beton	Betonzylinder verschiedener Mischungsverhältnisse	Druckfestigkeit, Beurteilung des richtigen Mischungsverhältnisses.
11	Biegeversuche an Beton und Eisenbeton	Balken normaler Größe	Bestimmung der Biegungszugfestigkeit, der zulässigen Beanspruchung, der Sicherheitsfaktoren. Einfluß und Wirksamkeit verschiedener Bewehrungen.
12	Eichung der Prüfmaschinen		Eichung mittels Vergleichsgewichten, Hebelbelastung, des Komparometers und des Amslerschen Kalibrierungsgerätes u. a. (A.S.T.M. E 4-24).

Maschinenbaustudenten wird der volle Kurs gegeben, der mit 60/30 Stunden festgelegt ist. 60/30 Stunden bedeuten 60 Stunden Laboratorium und 30 Stunden Heimarbeit (Vorbereitung und Berichte). Für die Studenten der andern Abteilungen werden kürzere Kurse gegeben, die Versuche werden dem Fachgebiet angepaßt oder Sonderversuche werden eingefügt.

Zahlentafel 2. Zugversuch
Versuchsnummer: 530. Tag: 17. 5. 1928.

Versuchsgegenstand	Nr. 1	Nr. 2
Nr. 1 Stahl 0,2 vH C		
Nr. 2 Stahl 0,5 vH C		
Meßlänge	2"	2"
Anfangsdurchmesser	0,505"	0,500"
Elastizitätsgrenzenbelastung . . lbs	7500	10500
Streckgrenzenbelastung . . . . "	8400	12200
Höchstbelastung . . . . "	12750	19130
Bruchquerschnittsdurchmesser	0,31"	0,41"
Bruchdehnung	0,75"	0,45"
Elastische Dehnung zwischen 0 bis 7500 lbs	0,00235"	
1000 bis 10500 lbs		0,00325"
Anfangsquerschnitt	0,2003"	0,1963"
Elastizitätsgrenzenspannung lbs/inch²	37460	53500
Streckgrenzenspannung . . "	41900	62100
Zugfestigkeitsspannung . . "	63700	97400
Bruchquerschnitt	0,0755"	0,1320"
Bruchquerschnittsverminderung %	67,3	32,7
Bruchdehnung . . . . %	37,5	22,5
Elastizitätsmodul . . . . . lbs/inch²	31 880 000	29 800 000
Verhältnis von Elastizitätsgrenze und Zugfestigkeit	0,58	0,55
Verhältnis von Streckgrenze und Zugfestigkeit	0,65	0,63
Lage und Aussehen des Bruches	—	—

Abb. 4
Runder Normalstab.

Abb. 5 und 6
Rechteckiger Normalstab (Flachstab).

Abb. 7
Normalstab für Gußeisen.

Abb. 4 bis 7
Normalstäbe für Zerreißversuche (Standard Tensile Specimens).

Zahlentafel 3
Übersicht der in dem Kursus Wärmebehandlung abgehaltenen Übungen

Nr.	Versuch	Werkstoff	Resultat
1	Erhitzen von Flußstahl oberhalb und unterhalb der kritischen Temperatur	Flußstahl 0,85 vH C	Thermische, magnetische und volumetrische Veränderungen; Unterschiede in Härte und Korngröße.
2	Anwendung verschiedener Temperaturen oberhalb der kritischen Temperatur und Anwendung verschiedener Kühlgeschwindigkeiten	Flußstahl 0,85 vH C	Härteunterschiede, Gefügeunterschiede (Korngröße).
3	Kaltverformung und Glühen	Messing 70/30	Härteunterschiede.
4	Erhitzen von Flußstahl oberhalb der Ac3-Linie	Flußstahl 0,4 vH C	Härteabnahme, Unterschied in Korngröße — Unterschied bei Kaltbiegeversuch.
5	Härten und Anlassen von Normal-Zugstäben	Flußstahl 0,4 vH C	Fließgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Bruchquerschnittsverminderung, Brinellhärte.
6	Härten und Anlassen von hochwertigen Stählen	Werkzeugstahl 1,1 vH C Schnelldrehstahl 12 vH W	Härteunterschiede.
7	Einsatzhärten mittels Gas und festen Stoffen, Compound-Härteverfahren	Flußeisen 0,15 vH C Nickelstahl 3,5 vH Ni	Rockwell- und Scleroscope-Härte für Oberfläche und Kern. Tiefe der Einsatzhärte und Korngröße.

Der Kursus ist einsemestrig bei einer Semesterlänge von 16 Wochen. In dieser verhältnismäßig kurzen Zeit ist ein großes bedeutendes Gebiet ausführlich und gründlich zu behandeln. Erreicht wird dies durch Einteilung der Studenten in Gruppen von 12 bis 15 Personen und genaue Anweisungen. In den 30 Doppelstunden, die zur Verfügung stehen, werden u. a. die in Zahlentafel 1 angegebenen Übungen abgehalten.

Abb. 8
Druckversuche an Mauerwerk mit einer Prüfmaschine der Firma Riehle, Philadelphia. 180 t Zug und Druck.

Die in der Zahlentafel 1 unter 1 bis 3 aufgeführte Versuche sind Zugversuche an Normalstäben, Abb. 4 bis Die Werkstoffe werden nach den Normalvorschriften de A. S. T. M. geprüft. Die Zusammenstellung, Zahlentafel ist einem laufenden Laboratoriumsversuch entnommen un enthält Angaben und Ergebnisse eines Normalzugversuch an Stahl. Die Bezeichnung der Spannungsgrenzen unte scheidet sich wenig von den in Deutschland üblichen.[3]

Von hohem Wert ist der unter 5, Zahlentafel 1, an gegebene Druck- und Knickversuch an Walzeisen. Jede Profil kann man verwenden. Die Formveränderunge werden an sieben Stellen, die möglichst gleichmäßig u den Querschnitt verteilt sind, gemessen. Es entstehen dan sieben Spannungsverkürzungskurven, aus deren Durch schnittskurve die Proportionalitätsgrenze bestimmt wir Eine Anzahl weiterer Versuche an Gußeisen, Flußstah Drähten, Seilen und andern Baustoffen, Abb. 8, ergänze die in der Zahlentafel 1 angeführten Übungen.

Neben diesen allgemeinen Übungen enthält der Unter richtsplan eine Anzahl von Versuchen in den Sonder gebieten:

- Makroskopische Untersuchungen in dem metallo graphischen Laboratorium 4 h,
- Röntgenprüfungen in dem Röntgenlaboratorium 4 h,
- Spannungsuntersuchungen in dem Laboratorium fü Spannungsoptik 6 h,
- Textilprüfungen in dem Laboratorium für Texti prüfung 4 h.

Die makroskopische Forschung gehört z dem Gebiet der Metallographie. Man untersucht den Werk stoff bei schwacher Vergrößerung. Das Verfahren ha gegenüber der mikroskopischen Untersuchung infolge sei ner Einfachheit manche Vorteile und gibt besonders Auf schluß über die während des Gießens, Schmiedens un Walzens entstehenden Fehler und Veränderungen. In de Übungen werden Beobachtungen an fehlerhaften Werk stoffen vorgenommen zur Feststellung von Seigerungen Gasblasen, Schlackeneinschlüssen und Trichterbildungen Große Bedeutung wird auch dem Studium des Faserver laufs besonders bei Schmiedestücken gewidmet, z. B. a Zahnrädern, Kurbelwellen usw. Verschiedene Ätzverfah ren werden angewendet, darunter die gebräuchlichste

[3]) Sachs und Fiek, „Der Zugversuch" Leipzig 1926, S. 222.

Abb. 9. Röntgenlaboratorium. Röntgenaufnahme eines Gußeisenstückes. Das Gußstück befindet sich auf dem Tisch links oberhalb der photographischen Platte. Man beachte die Anordnung der Bleikammer, des Transformators und des Gleichrichters. Als Röntgenröhre hat man die Coolidge-Röhre der General Electric Co., Schenectady, verwandt.

Abb. 10. Zelluloidmodell des Luftschiffes „Shenandoah". Bestimmung des Spannungsverlaufes nach dem optischen Verfahren.

Abb. 11. Textilmaschinenlaboratorium. Verarbeitungsvorgang von Baumwolle.
a aufrauhen *b* dehnen und richten *c* kämmen *d* vorspinnen *e* spinnen, weben

Abb. 12. Laboratorium für Textilprüfung.
a Prüfmaschine für unveränderliche Belastung *b* Universal-Gewebeprüfmaschine *c* Normalgarnwinde *d* Abrasionsmaschine *e* Mullenprüfer *f* Gestell *g* Feuchtigkeitserzeuger

Reagenzien zur Feststellung von Kohlenstoffseigerungen, Phosphorseigerungen und Schwefelseigerungen.

Die Arbeiten im Röntgenlaboratorium, Abb. 9, lassen sich in zwei Hauptgruppen zusammenfassen: Radiologie und Röntgenmetallographie.

Die Radiologie umfaßt Untersuchungen unter Anwendung des stärksten Eindringungsvermögens (für Stahl z. B. 3½ bis 4 Zoll bei Verwendung eines Stromes von 250 000 V bei 5 mA). Untersucht werden Gußstücke verschiedenster Art zur Feststellung von etwaigen Schlackeneinschlüssen, Oxydbildungen, Seigerungen und Gasblasen.

Die Röntgenmetallographie beschäftigt sich mit dem Studium der atomischen und kristallinischen Werkstoffeigenschaften. Die Kristallstruktur des Werkstoffes wird mittels des Debye-Scherrer-Verfahrens bestimmt. Eine Reihe von Untersuchungen werden an kaltbearbeitetem Werkstoff vorgenommen. Zu diesem Zwecke wird Aluminiumdraht in fünf Zuständen (geglüht, gezogen, gewalzt und gehämmert) untersucht und das Faserdiagramm aufgenommen.

Im ganzen werden vier Stunden für diese Röntgenuntersuchungen angesetzt, wovon eine Stunde als Vortrag vorgesehen ist.

Die Bedeutung dieses Werkstoffprüfverfahrens, das eine Prüfung ohne gleichzeitige Zerstörung des Prüfstückes zuläßt, wird in zunehmendem Maß anerkannt und findet ihren Ausdruck in der Einfügung dieses Gegenstandes in den allgemeinen Werkstoffprüfkursus.

Spannungsoptische Untersuchungen sind eines der jüngsten Verfahren der Werkstoffprüfung[4]). Das Versuchsverfahren ist durch Professor Coker, University College, London, zu seiner heutigen Bedeutung entwickelt worden[5]).

Alle Laboratoriumsuntersuchungen werden an durchsichtigen Modellen vorgenommen, die äußeren Belastungen ausgesetzt werden. Das belastete durchsichtige Modell wird polarisiertem Licht ausgesetzt; es zeigt sich dann, daß die Spannungen eine Phasenverschiebung des eintretenden Lichtes veranlassen. Bei Durchgang durch ein zweites, um 90° verschobenes Nicolprisma entsteht ein Interferenzeffekt, der bei Verwendung weißen Lichtes ein prächtiges Farbenspektrum ergibt. Die in diesem Spektrum erscheinenden schwarzen Linien (Isoklinen) stellen Hauptspannungen parallel oder senkrecht zu den Ebenen der Nicolprismen dar. Durch langsame Umdrehung der Nicolprismen werden die Isoklinen für sämtliche

[4]) Hönigsberg, Z. Bd. 48 (1904) S. 867.
[5]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 27 S. 951.

Winkel bestimmt und aus dem erhaltenen Diagramm wird die Richtung der Hauptspannungen ermittelt. Zur Bestimmung der Größe der Spannungen ist ein Vergleichsgerät notwendig, das ebenfalls durchsichtig und durch äußere Kräfte beansprucht ist und dessen Spannungen jederzeit berechnet werden können. Bei einer bestimmten Belastung des Vergleichsgerätes verschwindet die Farbenwirkung des Lichtes, es besteht optische Überlagerung, d. h. die Spannungen des Versuchsgegenstandes sind denen des Vergleichsgerätes gleich und entgegengesetzt.

Unter den vielen praktischen Anwendungsgebieten der Spannungsoptik stehen besonders Flugzeug- und Luftschiffbau an erster Stelle. Erwähnenswert sind die Forschungen an einem Modell des Luftschiffes „Shenandoah", Abb. 10, und die Bestimmung der Deckspannungen an einem Modell des Flugzeugmutterschiffes „Saratoga".

Zur Vervollständigung des Werkstoffprüfkursus gibt die Abteilung Textilingenieurwesen in vier Vorlesungs- und Übungsstunden einen Überblick der hauptsächlichsten Textilstoffe und der verwendeten Prüfverfahren, Abb. 11 und 12. Der Vortrag umfaßt eine Beschreibung der Fasern, Garne und Gewebe. Die Stoffe sind nach Herkunft, Struktur, Eigenschaften und Verwendung eingeteilt. Die Werkstoffprüfung erstreckt sich auf Untersuchung der Festigkeit, der Verflechtung, der Kräuselung und des Feuchtigkeitsgehalts.

Neben dem laufenden Lehrgang für Werkstoffprüfung werden eine Anzahl besondere und fortgeschrittenere Kurse abgehalten. Zu diesen gehören:

1) Metallographische Übungen in den Laboratorien für Metallographie.
2) Versuche an Beton und bewehrtem Beton im Beton- und Zementlaboratorium.
3) Versuche an Wegebaustoffen in dem Laboratorium für Straßenbau.

Der allgemeine Lehrgang Metallographie gibt an der Hand von Vorlesungen und Übungen in 60/15 Stunden einen nahezu vollständigen Abriß des Unterrichtsgegenstandes. Die Arbeiten im Laboratorium erstrecken sich in der Hauptsache auf Untersuchung der Systeme: Blei-Antimon, Kupfer-Kupferoxyd, Kupfer-Silber, Kupfer-Zink, Eisen-Kohlenstoff.

In den meisten Fällen werden die Versuchstücke eigenhändig geschliffen, poliert und gegebenenfalls geätzt. In vielen Fällen umfaßt die Untersuchung die photographische Aufnahme des Gefügebildes. In jedem Falle wird ein Bericht verlangt, der eine genaue Beurteilung des Werkstoffes, eine Erörterung des Systems und eine Skizze des Gefügebildes enthält. Besondere Studien werden an fehlerhaften Werkstoffen, Seigerungen, Lunkern, Schlakkeneinschlüssen, Walz- und Schmiedefehlern, Schweißverbindungen usw. vorgenommen.

Im Zusammenhang mit diesen Übungen wird das Gebiet der Wärmebehandlung behandelt. Eine Reihe von Versuchen werden an Kupfer-Zink-Legierungen u[nd] Eisen-Kohlenstoff-Legierungen unternommen bei Anwe[n]dung verschiedener Härteverfahren, verschiedener Küh[l]mittel und verschiedener Vergütungstemperaturen.

Neben diesem der Vollständigkeit halber erwähnt[en] allgemeinen Kursus in Metallographie besteht ein beso[n]derer Kursus Wärmebehandlung (heat treatment), der sich mehr mit der praktischen Seite der Metallfo[r]schung befaßt. Der Kursus ist in der Hauptsache f[ür] den Maschinenbaustudierenden vorgesehen und beschä[f]tigt sich fast ausschließlich mit der Behandlung vo[n] Eisen, Stahl und legiertem Stahl.

Mit einer Besprechung des Eisen-Kohlenstoff-Zu[s]tandsdiagrammes beginnend wird die Erwärmungslini[e] und Abkühlungslinie genommen und die entstehende[n] thermischen, volumetrischen und magnetischen Verände[]rungen werden besprochen. Die wesentlichsten Übunge[n] sind in Zahlentafel 3 aufgeführt.

Ein Kursus für Fortgeschrittene in Wärmebehandlun[g] gibt Gelegenheit zur weiteren Spezialisierung. Die vo[r]genommenenen Untersuchungen erstrecken sich auf d[ie] Behandlung von Duralumin, rostfreien Stählen, Chrom-Nickelstählen und andern Legierungen. Ebenso werde[n] verschiedene Arten von Gußeisen behandelt.

Die Arbeiten im Zement- und Betonlabora[]torium sind zum Teil bereits in Zahlentafel 1 unte[r] 9 bis 11 aufgeführt. Von dieser Grundlage ausgehen[d] werden eine Reihe weiterer Untersuchungen vorgenom[]men. Die Plastizität wird nach A. S. T. M. D 138–26 und C 39–27 untersucht. Ferner wird der Einfluß ve[r]schiedener Mischungsverhältnisse untersucht und Ve[r]fahren zur Bestimmung von guten Mischungsverhäl[t]nissen angewendet.

Das Wegebaulaboratorium befaßt sich i[n] der Hauptsache mit der Prüfung von Wegebaustoffen. Al[s] Hauptbaustoffe kommen Steine (Granit, Basalt, Sandstein, Traß), Beton, Sand und Kies in Betracht. Bei Steine[n] und Kies wird die Schlagfestigkeit und der Abnutzungs[]grad geprüft. A. S. T. M. D 3–18. Die Untersuchun[]gen an Beton sind so ähnlich wie die oben erwähnte[n] Arbeiten im Betonlaboratorium. Bei Sand wird der Fein[]heitsgrad und die mechanische Analysis festgestellt A. S. T. M. D 18–16.

Wie überall steht in Verbindung mit dem Unter[]richtswesen eine rege Forschungstätigkeit. Eine groß[e] Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten sind aus den erwähn[]ten Laboratorien hervorgegangen.

Emsiger Fleiß und ernstes Schaffen und nicht zuletz[t] die Anwendung großzügiger Geldmittel haben die Werk[]stoffprüfung in den Vereinigten Staaten von Amerik[a] zu seiner heutigen Höhe gebracht; groß in seiner Organi[]sation, neuzeitlich in seinen Lehrverfahren und erfolg[]reich in der Praxis. [B 1773]

50 Jahre Koepeförderung

Die Anwendung von Trommelmaschinen ergibt bei zunehmender Nutzlast und wachsender Teufe technisch und wirtschaftlich ungünstige Verhältnisse bei der Schachtförderung. Die bei der Trommelmaschine mit größerem Durchmesser auftretenden großen Massenwirkungen, die einseitigen Beanspruchungen der Maschinenwellen und Lager sowie das ungünstige Ansteigen des Kraftverbrauches veranlaßten Fr. Koepe im Jahre 1877, die für eine Teufe von 234 m bestimmte Dampffördermaschine mit Kegeltrommeln auf der Zeche Hannover bei Bochum in eine Treibscheibenmaschine umzubauen, indem an Stelle der beiden schweren Kegeltrommeln als Seilträger das mit einem Holzkranz versehene Schwungrad der Antriebmaschine gewählt wurde. Das Seil wird nur durch die zwischen Rillenwandung des Holzkranzes und dem Seil selbst herrschende Reibung mitgenommen; zum Ausgleich des Seilgewichtes wurde unter dem Förderkorb ein gleich starkes Gegenseil gehängt.

Die aus dem Gedanken Koepes entstehenden Vorteile liegen in dem geringeren Raumbedarf und dem einfacheren Aufbau der Maschinenanlage, ferner darin, daß das Seil kürzer wurde und immer in der gleichen Ebene auf den Seilträger aufläuft. Beim Aufstellen der Maschine über dem Schacht (Turmkoepe) ergibt sich neben einem großen Umschlingungswinkel auch ein besserer Schutz des Förderseiles gegen Witterungseinflüsse. Die Nachteile des Treibscheibenantriebes sind die Unmöglichkeit von Seilkürzungen für Seilprüfungen sowie die Notwendigkeit, Seillängungen durch Kürzen am Seil selbst zu beheben. Trotz dieser Nachteile bevorzugt man zunehmend Treibscheiben besonders bei Anlagen für große Teufen und Leistungen.

Gleichlaufend mit der glänzenden Entwicklung der Koepeförderung ist auch die weitere wissenschaftliche Erforschung der Reibungsverhältnisse am Umfange der Treibscheibe gegangen[1]), die abhängig sind von der Art des Baustoffes und der Ausführung der Förderseile und ihrer Schmierung, der Seilrillenausfütterung und dem Schachtwiderstande. Der Einfluß der zunehmenden Verbreitung der Koepemaschinen auf den eigentlichen Bergbaubetrieb äußert sich darin, daß die gesamte Förderung wegen der Schwierigkeit, von mehreren Sohlen zu fördern, auf eine Sohle vereinigt wird, was die Anlage von Stapelschächten und Bremsbergen notwendig macht. Als besonders geeignet dürfte die Koepemaschine für die Gefäßförderung aus großen Teufen sein. [N 2178] Pr.

[1]) „Glückauf" Bd. 64 (1928) Nr. 35 S. 1176.

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Technische Forschung

Von der Tätigkeit des National Physical Laboratory im Jahre 1927[1])

Unter dem Namen eines physikalischen Laboratoriums umfaßt das englische physikalisch-technische Staatsinstitut, in dem 560 Personen arbeiten, eine Reihe zum Teil sehr technisch gerichteter Abteilungen, nämlich die Abteilungen für Physik, Elektrizität, Maß und Gewicht, Ingenieurwesen, Aerodynamik, Metallurgie und Schleppversuche („William Froude National Tank“ genannt). Dieser vielseitigen technischen Einstellung entspricht es, daß im Kuratorium des Instituts die sechs größten technischen Vereine des Landes durch je zwei Mitglieder vertreten sind. Bemerkenswert ist auch die enge Zusammenarbeit mit technischen Ressorts der verschiedensten Ministerien, ob es sich nun um Straßenuntersuchungen für die Straßenabteilung des Verkehrsministeriums handelt, oder um die registrierende Messung der Zeitdauer von Tauniederschlägen auf gelagerten Äpfeln für das Lebensmittel-Untersuchungsamt, um nur einige ausgefallene Aufgaben zu nennen. Man gewinnt dabei den Eindruck, daß es kein Ding in der Technik gibt, dem man nicht mit Physik auf den Leib rücken könnte.

Die Anzahl der einzelnen auf Antrag geprüften Gegenstände betrug im Berichtjahr über 43 100, wozu noch mehr als 536 600 Fieberthermometer kommen, die ganz wie bei uns einen Massenprüfungsartikel bilden. Auffällig ist auch die große Anzahl der Prüfungen an Fahrpreisanzeigern (16 400). Nun zu den wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts, von denen hier nur einige wenige erwähnt werden können.

Arbeiten der physikalischen Abteilung.

Auf dem Gebiet der Wärme wurden Vereinbarungen mit dem amerikanischen Bureau of Standards und unsrer Physikalisch-Technischen Reichsanstalt getroffen, die zum Vorschlag einer gemeinsamen Temperaturskala von — 190 ° bis + 2500 ° geführt haben, der vorläufig international angenommen worden ist. Wie das deutsche, so beschäftigt sich auch das englische Staatsinstitut mit der Messung des Palladiumschmelzpunktes und mit der Bestimmung von Flammentemperaturen. Die Wärmeleitung von Wasser, Glyzerin und Ölen wurde untersucht, eine Arbeit über die thermische und die elektrische Leitfähigkeit von Legierungen bis über 1000 °C ist im Gange. Die Wärmeleitzahl von Stoffen bei verschiedener Feuchtigkeit wurde an wasserdicht geschlossenen Proben gemessen; die Versuchskörper lagen zwischen zwei Aluminiumplatten; der Rand war mit Wachs abgedichtet; von einer Ringschutzheizung hat man dabei abgesehen.

Röntgenologisch wurde der Einfluß der Wärmebehandlung auf Magnetstähle studiert. Akustische Untersuchungen betrafen die Absolutmessung von Schallen, die Herstellung von Normal-Tonquellen, die akustischen Verhältnisse ganzer Gebäude.

Von den optischen Arbeiten seien Farbenmessungen erwähnt, bei denen die Farbe als ein Gemisch von drei Spektralfarben in Rot, Grün und Blau, die Helligkeit unabhängig von der Farbe an einer Normallampe bestimmt wird. Das Heranziehen vieler Beobachter verringert den persönlichen Fehler und macht das Ergebnis auf ein „mittleres“ oder „Normalauge“ beziehbar.

Arbeiten der elektrischen Abteilung

Die wichtigste elektrophysikalische Aufgabe des Instituts ist die Festlegung und internationale Abgleichung der Einheiten. Hierüber wird ausführlich berichtet. Die Ausführung und Übergabe einer für Japan bestimmten Normale erster Ordnung für gegenseitige Induktion wird als eine Staatsaktion behandelt. Aus dem im Bericht abgedruckten Dankschreiben des Direktors des elektrotechnischen Laboratoriums des japanischen Verkehrsministeriums geht hervor, daß der britische Botschafter selbst das Normalgerät feierlich überreicht hat.

Die elektrotechnische Unterabteilung ist im Begriff, einen Transformator für 1 Mill. V aufzustellen. Sie befaßte sich u. a. mit der Untersuchung des Koronaeffektes bei Hochspannungsleitungen und den Verlusten bei Drehstromübertragung in drei getrennten Kabeln. Sie hat ferner eine neue Mangan-Nickel-Kupfer-Legierung ausgearbeitet, genannt „Ohmal“, etwas ähnliches wie Manganin.

Die Unterabteilung für drahtlose Telegraphie arbeitete über die Polarisation von Wellen, über gerichtete Übertragung u. dergl., vielfach in enger Verbindung mit dem Marine- und dem Luftministerium.

Die Unterabteilung für Photometrie macht seit einigen Jahren Versuche über die Benutzung photo-elektrischer Zellen statt des Auges. Die Zellen sind für Farbenvergleichung sehr empfindlich. Diese Empfindlichkeit erschwert jedoch die Intensitätsvergleichung, weil Lichtquellen von genau derselben Farbe selten vorkommen. Ein Vergleich von Glühlampen mit einem Verbrauch von 1,5 W für 1 Kerze hat Übereinstimmung mit Messungen des Bureau of Standards ergeben, jedoch Abweichungen um 3 vH von den in der Reichsanstalt gemessenen Werten. Für die Fortführung der internationalen Vergleichsmessungen wurde ein Programm vereinbart.

Die Abteilung für Maß und Gewicht

befaßt sich wie die entsprechende Abteilung unsrer Reichsanstalt mit der Längenmessung nach Lichtwellenlängen. Es wird mitgeteilt, daß die Commission Internationale des Poids et Mesures Messungen in Wellenlängen als gleichwertig mit Messungen, die auf das internationale Meter bezogen sind, angenommen hat, wobei vorläufig 1 Meter gleich 1 553 164,13 Wellenlängen der roten Cadmiumlinie in trockner Luft bei 15 °C und beim Druck von 760 mm Q.-S. gesetzt werden soll.

Bei den Messungen an Endmaßen kam man in der Abteilung auf eine Theorie der trockenen Reibung, die es ermöglichen soll, die Reibungszahl unmittelbar aus den elastischen Konstanten der sich berührenden Flächen zu berechnen. Für Barometerprüfungen wurde ein Barostat gebaut, der den Druck in der Unterdruckkammer unveränderlich hält.

Arbeiten der Ingenieur-Abteilung

Die Ingenieur-Abteilung studiert die Frage der Flüssigkeitsreibung unter dynamisch ähnlichen Bedingungen, insbesondere unter Verwendung des photographischen Verfahrens die Wellenbewegung von Wasser, dessen Oberfläche von Luft mit verschiedenen Geschwindigkeiten bestrichen wird. Die Wirbel, die sich von festen Körpern in einem Wasserstrom ablösen, werden nach dem Färbeverfahren von Reynolds untersucht. Um die Beziehung zwischen Reibung und Wärmeübergang zu prüfen, wurden Versuche mit Luftströmen über dünnen geheizten Platten gemacht und die Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilung an dieser Platte gemessen. Hinter der Platte fällt die Temperatur schneller ab als die Geschwindigkeit, was mit der Theorie zunächst nicht zu vereinbaren ist. Man plant zur weiteren Klärung der Frage Versuche, bei denen eine Strömung zwischen konzentrischen Rohren verschiedener Temperatur benutzt werden soll.

Andre Versuche betreffen den Wirkungsgrad der Kraftübertragung mit Zahnrädern, die Festigkeit von Federn für Motorwagen, die Elastität und Ermüdung von großen Einkristallen aus Aluminium, Eisen und Zink, die mechanischen Eigenschaften von verschiedenen Eisensorten und Metallegierungen bei hohen Temperaturen, endlich die Messung von Winddruck und Erschütterungen.

Arbeiten der aerodynamischen Abteilung

Als besonders wichtige Arbeiten der Abteilung seien genannt die Untersuchung der zweidimensionalen Strömung hinter Körpern von hohem Widerstand und der Vergleich von Widerständen in Luft und Wasser. Versuche mit einer Scheibe als Widerstandkörper zeigten keinen Einfluß der Reynoldsschen Zahl zwischen 60 000 und 300 000; aber die Schleppzahl in Luft war um 5 vH größer als in Wasser. Ähnliches wurde bei einem Luftschiffmodell festgestellt. Die Anwendung der Ähnlichkeitstheorie ist also hierbei nicht ohne weiteres möglich, und es muß noch nach den Gründen für diese Unstimmigkeit gesucht werden. Dagegen ergaben Vergleichsversuche an Flügel- und Schraubenmodellen in einem Windkanal des Instituts und in einem in Amerika eingerichteten Windkanal für veränderlichen (erhöhbaren) Luftdruck sehr gute Übereinstimmung. Auf Veranlassung des Luftministeriums erhält daher das englische Institut eine zylindrische Kammer für verdichtete Luft von 15 m Länge und 5,1 m l. W. mit einem daran anschließenden Windkanal von 1,5 m l. W. für Modellversuche. Erwähnt sei noch eine Eichung des Standard-Pitot-Rohres der Abteilung bei kleinen Luftgeschwindigkeiten und eine überaus umfangreiche und sorgfältige Untersuchung flatternder Bewegungen von Flugzeugflügeln.

[1]) Bearbeitet nach „The National Physical Laboratory“, Report for the year 1927, 264 Seiten. His Majesty's Stationery Office, London 1928.

Arbeiten der metallurgischen Abteilung

Eine Hauptaufgabe der Abteilung bildet die Herstellung und Untersuchung reiner Metalle. Eisen, Chrom und Mangan sind bereits erledigt, Silizium ist in Vorbereitung. Ferner sind Legierungen von Eisen mit Phosphor, Silizium, Beryllium, Mangan und Chrom untersucht worden. Man befaßte sich auch erfolgreich mit der Frage feuerfester Stoffe für Schmelztiegel, einer sehr wichtigen Frage, da selbst reine Magnesia und Tonerde reduziert werden. Es gelang, nicht plastische Stoffe in die Form von Rohren und Stäben auszuziehen, wenn man ein organisches Bindemittel (Zelluloseazetat-Lösung) zugab. Man kann nach diesem Verfahren feuerfeste, wenig angreifbare Gegenstände von viel größeren Abmessungen erhalten als bisher. Mit einer größeren im Bau befindlichen Ziehpresse hofft man Muffeln und dergl. herstellen zu können.

Auch mit Leichtlegierungen, z. B. Legierungen von Aluminium mit Chrom, Barium und Silizium, hat sich die Abteilung befaßt. Der Erzeugung von Aluminium-Zink-Kupfer-Legierungen von großer Festigkeit wendet sie ihre besondere Aufmerksamkeit zu.

Arbeiten des William Froude National Tank
(Schleppversuchabteilung)

Die dem Studium der Schiffsbewegung dienende Abteilung ist in besonders starker Entwicklung begriffen. Im Berichtjahr wurden nicht weniger als 71 Modelle für Firmen untersucht, davon 41 Modelle mit Propellern. Es gelang in verschiedenen Fällen, durch geeignete Maßnahmen den Widerstand der Schiffshaut um 13 bis 19 vH zu verringern, den Wirkungsgrad von Propellern um 12 vH zu verbessern. Ferner wurden Versuche über den Einfluß der Wellen auf den Widerstand, die Fortbewegung und das Stampfen von Schiffen am Schiff selbst bei Reisen über den Atlantischen Ozean gemacht. [N 2139]

Charlottenburg Max Jakob

Werkzeugmaschinen

Schleifmaschine mit schwenkbarem Schleifspindelstock[1])

Die Schleifmaschine für Schienen und Kreuzungen, Abb. 1 und 2, in ihrem Aufbau einer Hobelmaschine ähnlich, kann Werkstücke bis zu 1220 mm Breite, 4880 mm Länge und 508 mm Höhe aufnehmen und kann sechs Schienen in einer Aufspannung bearbeiten. Das 7320 mm lange Bett[2]) hat eine **V**-förmige und eine Flachbahn mit selbsttätiger Schmierung.

Der mit **T**-Schlitzen versehene Tisch wird durch einen Motor von 15 PS und 1440 U/min bewegt, der über eine Reibkupplung und Rädervorgelege für vier Geschwindigkeiten die Tischzahnstange antreibt. Selbsttätige Umsteuerung mittels umstellbarer Knaggen und Handumsteuerung sind vorhanden.

Das 39 mm breite Topf-Schleifrad mit 406 mm Dmr. sitzt auf der Ankerwelle eines zweiten, mit 960 U/min laufenden Motors von 15 PS. Die hohle Schleifspindel läuft in Kugel- und Rollenlagern und dient gleichzeitig zur Zuführung der Kühlflüssigkeit.

[1]) „Machinery" (London) Bd. 32 (1928) Nr. 818 S. 352. Gebaut ist die Maschine von Tasker's Engg. Co., Sheffield.

[2]) Diese Bettlänge ist nach unsern Begriffen gering; sie sollte, um Durchhängen des Tisches in der am weitesten ausgeschobenen Stellung zu vermeiden, mindestens das Doppelte der Tischlänge betragen.

Der Schleifspindelstock ist um eine wagrechte Achse um einen vollen Kreis drehbar. Neben der Hauptschleifspindel ist eine Hilfsspindel angeordnet. Zum Arbeiten mit dieser Hilfsspindel wird der Spindelstock um den gewünschten Winkel geschwenkt und das Schleifrad der Hauptspindel durch ein Kettenrad ersetzt, das ein Gegenrad an der Hilfsspindel antreibt. Die Hilfsschleifscheibe hat ebenfalls 406 mm Dmr. und ist 51 mm breit.

Der durch Ketten und Gegengewicht ausgewuchtete Schleifschlitten hat selbsttätige Schaltbewegung am Querbalken, der seinerseits an den Ständern selbsttätig auf und ab verstellt werden kann. Außerdem ist Handverschiebung vorgesehen, wobei Mikrometer-Skalenscheiben die genaue Einstellung ermöglichen.

Sprungvorschub, vom Räderkasten am Bett aus betätigt, bringt das Schleifrad rasch an die zu schleifenden Stellen; die Kühlflüssigkeit fördert eine vom Tischmotor angetriebene Pumpe. Die elektrischen Schaltapparate sind an den Ständer angebaut; die Handräder und Hebel zur Betätigung der Maschine liegen in Reichweite des Arbeiters. Die Maschine wiegt rd. 24 t. [M 2024]

Frankfurt a. M. Weil

Arbeitsmaschinen

Mit Bremsbergenergie angetriebener Luftverdichter

Im Steinbruch-Betrieb, wo der gewonnene Stein tiefer zu fördern ist, muß die Arbeit, welche beim Abbremsen des Steingewichtes frei wird, abgeleitet werden. Bei gewöhnlichen Bremsen muß die freiwerdende Wärme abgeführt

RZ2024Z2

Abb. 2
Schleifspindelstock wagrecht zum Arbeiten mit der Hilfsschleifscheibe, die mittels Kettenantriebes vom Schleifmotor angetrieben wird.

RZ2024Z1

Abb. 1 (links)
Gesamtansicht.
Der Schleifspindelstock steht senkrecht zum Arbeiten mit der Hauptschleifscheibe.

Abb. 1 und **2**
Schleifmaschine mit schwenkbarem Schleifspindelstock.

a Hauptschleifscheibe (Topfscheibe) 406 mm Dmr., 39 mm breit
b Schleifmotor 15 PS, 960 U/min
c Kühlleitung durch die hohle Hauptspindel
d Tischmotor 15 PS, 1440 U/min
e Hilfsspindel
f Hilfsschleifscheibe, 406 mm Dmr., 51 mm breit
g Kettenantrieb vom Schleifmotor zur Hilfsspindel

verden. Diese Arbeit kann auch nutzbar gemacht werden. Nachstehend ist die Anlage des Andesitwerkes Szobsághegy beschrieben, wo die beim Abfördern der Ware freiwerdende Energie zum Antrieb eines Luftverdichters benutzt wird.

Um die Gewinnungsarbeiten zu verbilligen, sollten Druckluftwerkzeuge verwendet und zur Speisung ein Luftverdichter aufgestellt werden. Beim Abfördern von 1 t des Gesteins auf den vorhandenen Höhenunterschied wird eine bestimmte Arbeit frei, die nach Deckung der Reibungsverluste nutzbar gemacht werden kann. Für einen jeden Steinbruchbetrieb läßt sich ein Höhenunterschied berechnen, bei dem das Eigengewicht des Steines genügt, um damit die Bohrarbeit für die Gewinnung mittels Druckluft durchführen zu können.

Wenn der tatsächlich vorhandene Höhenunterschied mindestens gleich dem so berechneten ist, dann kann ein selbsttätiger Betrieb eingerichtet werden, der die gewünschte Druckluftmenge liefert.

In Szob stand ein Bremsberg zur Verfügung, der gleichzeitig zwei auf einen Unterwagen geschobene Grubenwagen mit je 5 t Nutzlast auf einen 145 m tiefer gelegenen Platz entlang einer 650 m langen Bahn abbremste und gleichzeitig die leeren Wagen hochzog. Hierbei wurden während 1 min Laufzeit insgesamt rd. 5,5 PSh in Wärme größtenteils an den Bremskranz abgeleitet. Die freiwerdende Leistung erreichte zeitweilig 115 PS.

Um einen Druckluftbetrieb zu ermöglichen, mußte man einen so großen Druckluftbehälter entwerfen, daß trotz der langen Betriebspausen, gleichmäßige Druckluftentnahme vorausgesetzt, der Druck im Behälter zwischen den zulässigen Grenzen blieb, die mit 5 und 7 at angenommen wurden. Der vom Bremsberg angetriebene Verdichter muß am Anfang gegen 5, am Ende gegen 7 at drücken, und dementsprechend erhöht sich der Arbeitsbedarf des Verdichters um ungefähr 15 vH während der Fahrt. Dabei kann die Übersetzung entweder jeweils entsprechend den Werten der augenblicklich verfügbaren und der nötigen Arbeit abgeändert oder es kann nur so viel nutzbar gemacht werden, wie bei gleichbleibender Übersetzung möglich ist, wobei der jeweilige Überschuß abgebremst wird. Im Fall Szob wurde diese einfachere und billigere Lösung gewählt, welche auch genügend Druckluft für den gegebenen Fall sicherte.

Das Längsprofil des Bremsberges, Abb. 3, zeigt, daß das Gefäll oben größer als unten ist. Die hinauffahrenden leeren Wagen verursachen im Anfang einen relativ kleinen Seilzug gegen die herunterfahrenden beladenen Wagen, dagegen bleibt am Ende der Fahrt wenig Kraftüberschuß, um diese bendigen zu können. Am Anfang muß also energisch gebremst werden, dagegen am Ende der Fahrt ohne jedwelche Bremsung gefahren werden. Infolgedessen mußte man eine Lösung wählen, bei der das Bremswerk je nach Bedarf mit dem Verdichter und außerdem auch mit der Bremse belastet, oder auch vollständig entlastet werden kann.

Der Kraftüberschuß am Bremsberg beschleunigt die Massen und verursacht Geschwindigkeitserhöhung. Deshalb wurde ein Fliehkraftregler eingebaut. Zur Betätigung der Bremse und der Regelorgane wurde Druckluft gewählt.

Aus Sparsamkeitsgründen wurde die vorhandene Bandbremse beibehalten. Sie wird durch Belastung mit Gewichten betätigt, die früher mit Handwinde, jetzt mittels Druckluft hochgehoben werden. Die Saugventile zum An- und Abschalten des Verdichters können ebenfalls mittels Druckluft gehoben werden.

In die Leitung zwischen den Luftbehälter und den Bremszylinder sowie zwischen Luftbehälter und Hubzylinder der Saugventile des Verdichters wurden Regelorgane eingebaut, Abb. 4. Der Fliehkraftregler a betätigt einen Luftverteilschieber b im Zusammenhang mit einem unter Luftdruck stehenden Rückführzylinder c, der für jede Hülsenstellung des Reglers, also für jede Umlaufzahl einen

Abb. 3
Längsprofil des Bremsberges.

bestimmten Luftdruck erzeugt unabhängig vom Luftdruck im Behälter d, solange dieser Druck nicht stark unter normal ist. Die Bremsluft gelangt von hier zu einer Vorrichtung e, die in Verbindung mit dem einzigen Bedienungshebel r des Bremswerkes dazu dient, den Luftdruck zu verringern und dadurch zu bremsen. Diese Vorrichtung sichert für eine jede Hebelstellung einen bestimmten Luftdruck. In die Leitung hinter diesem Druckregler sind einerseits die Bremsluftzylinder f, anderseits eine Hilfsvorrichtung g geschaltet, die die Saugventile h des Verdichters entlastet, s. a. Abb. 5. Dieser Apparat läßt beim Erreichen eines eingestellten Druckes Druckluft in die Ventilhubzylinder eintreten und entlüftet diese beim Fallen des Druckes in der Bremsleitung.

Hinter dem Handhebel-Druckregler ist der Sicherheit halber noch ein Dreiweghahn k als Notbremse eingeschaltet, den der Maschinenführer verstellen kann, wenn er seinen Platz verläßt.

Die Arbeitsweise der Anlage ist die folgende: Wenn die Last hinuntergefahren werden soll, dann hebt der Maschinenführer den Bremshebel auf, der sonst unter dem Eigengewicht in der untersten Lage bleibt; er lüftet dadurch die Bremse und die Saugventile des Verdichters. Der Maschinenführer hat bis Ende der Fahrt normalerweise nichts weiter zu tun als diesen Hebel in der obersten Stellung zu halten.

Abb. 4
Schema der Anlage.

a Fliehkraftregler
b Luftverteilschieber
c Rückführzylinder
d Behälter für Druckluft
e Vorrichtung zum Verringern des Luftdruckes
f Bremsluftzylinder
g Hilfsvorrichtung zur Entlastung der Saugventile
h Saugventil
i Luftzylinder zur Ventilhebung
k Dreiweghahn
l Bremsgewichte
m Feder
n Drosselhahn
o Diaphragma
p Ausflußdiaphragma
r Bedienungshebel

Das Bremswerk wird durch die hinunterfahrende Last beschleunigt, bis die normale Geschwindigkeit erreicht ist. In diesem Augenblick beginnt der Fliehkraftregler zu wirken, er verringert mit wachsender Geschwindigkeit den Luftdruck in der Bremsleitung. Sobald ein Druck von 4,5 at erreicht ist, werden die Hubzylinder unter den Saugventilen des Verdichters entlüftet, und dieser fängt an zu arbeiten. Wenn trotz dieser Belastung die Geschwindigkeit sich weiter erhöht, wird bei 4 vH Überschreitung der normalen Umlaufzahl die Bremse angelegt und bei weiterer Erhöhung der Geschwindigkeit immer mehr angezogen. Bei Verringerung der Geschwindigkeit spielt sich dieser Vorgang in umgekehrter Richtung ab, bis das Bremswerk vollständig entlastet ist. Zum Stillsetzen am Ende der Fahrt senkt der Maschinenführer den Bremshebel, wodurch er den Verdichter einschaltet, die Bremse anlegt und anzieht.

Der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit, Bremsluftdruck und Bremslast sind so miteinander in Beziehung gesetzt, daß der Kompressor möglichst viel und die Bremse möglichst wenig Leistung aufnehmen soll. In der Annahme, daß die Regelorgane Zeit brauchen, um richtig zu arbeiten, hat man den Unterschied in der Geschwindigkeit zwischen Einschalten des Verdichters und Anlegen der Bremse entsprechend groß gewählt.

Schwierigkeiten im Betrieb und ihre Beseitigung

Bei der Inbetriebsetzung zeigte sich aber, daß der gewählte Unterschied nicht genügt und auch nicht genügend groß gewählt werden kann, weil am Anfang der Fahrt der Kraftüberschuß groß ist und der Fliehkraftregler träge, so daß beim Einschalten des Kompressors bereits auch die Bremsen ansprechen müssen. Es folgt ein Bremsstoß, wodurch die Geschwindigkeit derart sinkt, daß eine vollständige Entlastung folgen muß; dieses Spiel wiederholt sich, und die ganze Apparatur pendelt während der ganzen Bremszeit. Diese Pendelungen wurden begünstigt durch die Anordnung der Bremse.

Der Bremsstoß erklärt sich aus folgendem: Die Bremse ist doppelt, als eine Handbremse mit Gewichtbelastung, ausgeführt, Abb. 4. Die Bremsluftzylinder heben die Bremsgewichte, wenn der Luftdruck entsprechend hoch ist. Bei einer weiteren Erhöhung des Luftdruckes beschleunigt der Kraftüberschuß die Bremsgewichte und schleudert diese hoch, verursacht damit eine augenblickliche vollständige Lüftung der Bremsen. Beim Verringern des Luftdruckes fällt die Bremse in ähnlicher Weise plötzlich mit großer Wucht ein und verursacht einen scharfen Bremsstoß.

Es mußten vor allem jene Mängel beseitigt werden, die mit der Natur der vorhandenen Bandbremsen verbunden waren. Die Bremsgewichte *l* wurden vergrößert und das angehängte Übergewicht durch eine Feder *m* in der tiefsten Lage vollständig aufgenommen. Die Folge war, daß die Bremsgewichte bei einem jeden Luftdruck eine bestimmte Lage hatten und die plötzlichen stoßartigen Bewegungen aufhörten.

Um das Einfallen der Bremse weiter zu verzögern, hat man einen Drosselhahn *n* in die Zuleitung der Bremsluftzylinder an einer Stelle eingebaut, die das Handbremsen unbeeinflußt läßt. Sodann wurde in die Abzweigung zu dieser Leitung ein Diaphragma *o* mit einer ganz kleinen

Abb. 6
Englische und deutsche Spurkränze.

a ——— Deutschland
b – – – – British Engineering Standard, bisher Great Western Ausführung
c —·—·— Neue Ausführung Great Western

Abb. 5
Ansicht des mit Bremsbergenergie angetriebenen Verdichters.
g Hilfsvorrichtung zur Entlastung der Saugventile

Durchflußöffnung und neben dem Apparat *g* ein Diaphragm mit einer noch kleineren Öffnung, die ins Freie führt, e gebaut. Hierdurch erreicht man, daß beim Lüften Bremse sich langsam die Leitung auf den Druck auffüllt, dem der Verdichter aussetzt, und daß beim Bremsen Luft aus der Leitung rasch entweicht, wobei sie auch du die ständige Öffnung abfließt. Infolgedessen fängt der V dichter bald wieder an zu arbeiten. Der Luftverlust du diese feine Öffnung von weniger als 0,5 mm² ist sehr geri Diese Maßnahmen haben die Pendelungen praktisch beseiti

Für 10 t geschossenes Gestein werden rd. 10 m³ Dru luft gebraucht, während beim Abbremsen von 10 t Gest auf einer Fahrt rd. 20 m³ erzeugt werden. Der Verdich liefert bei 280 U/min 420 m³/h in ununterbrochener Arb der Luftbehälter faßt 12 m³.

Die Anlage in Szob-Ságheg ist mit der durch Dam angetriebenen Druckluftanlage Szob-Malomvölgy, durch ei rd. 900 m lange Leitung verbunden, die eine gegenseiti Aushilfe ermöglicht.

Die Mehrkosten für die Herstellung des besonderen A triebes gegenüber einer Anlage mit Antriebmotor, werd durch Ersparnis an Betriebstoff in einem Jahre reichli gedeckt. [M 1691]

Budapest Dr.-Ing. A. Fon

Eisenbahnwesen

Spurkränze englischer Lokomotiven

Wenn auch die unmittelbaren Veranlassungen für mehrfachen Entgleisungen der letzten Jahre in Engla andere als die Form der Radreifen waren, so haben do Untersuchungen gezeigt, daß die jetzige Form der Sp kränze verbesserungsbedürftig erscheint.

Bis vor einer Reihe von Jahren führte in England je Bahn die Lokomotivspurkränze nach eigenen Maßen aus, sowohl in Breite als auch Höhe Unterschiede bis zu 2,5 aufwiesen. Man verwendet jetzt allgemein den von d British Engineering Standard Associati vorgeschlagenen Spurkranz nach Querschnitt *b*, Abb. Die Great Western Bahn will diesen in Zukunft nach Qu schnitt *c* ausführen. Er wird dadurch 3/16″ = 4,8 mm höh und in der Anlauffläche wesentlich stärker geneigt, w zweifellos eine erhöhte Sicherheit gegen das Klettern d Rades ergibt. Denn eine starke Schrägung der Hohlkehl seite begünstigt die Entgleisung, wenn das Rad an d Schiene aufsteigt.

Die mit Rücksicht auf feste Teile des Oberbaues a 4,8 mm verringerte zulässige Abnutzung wird auch jetzt Betriebe kaum ausgenutzt. Zum Vergleich ist in Abb. auch der deutsche Radreifenquerschnitt (*a*) eingezeichn der bei ungefähr gleicher Breite wie der englische N malspurkranz *b* 3 mm niedriger ist als dieser und 7,7 m niedriger als der neue Spurkranz der Great Wester Bahn. Er weist aber ungefähr die gleiche Schrägung der Hohlkehle auf wie der englische Normalstreifen, biet also gegen Klettern des Rades nicht mehr Sicherheit a dieser. („The Railway Gazette“ Bd. 49 (1928) Nr. 35 S. 26
[M 2091] M.

Kleine Mitteilungen

60 000 kW-Turbodynamo für das Kraftwerk Hell Gate

Über die große Turbodynamo, die die Firma Brown, Boveri & Cie. zur Zeit im Kraftwerk Hell Gate der United Electric Light & Power Co. in New York aufstellt[1]), werden folgende Zahlen amtlich bekanntgegeben: Der Hochdruckteil der Dampfturbine leistet 75 000 kW bei 1800 U/min, der Niederdruckteil 85 000 kW bei 1200 U/min. Der Frischdampf hat 18,6 at Überdruck und 390 °. Von den zwei Anzapfstellen für die Speisewasservorwärmung liegt eine am Austritt aus dem Hochdruckteil, die andre an der vierten Stufe des Niederdruckteils. Der Abdampf des Niederdruckteils wird in einem Westinghouse-Kondensator von 12 750 m² Oberfläche niedergeschlagen. Das Kondensat wird in geschlossenen Vorwärmern auf 117 ° vorgewärmt. Bei vollgeöffneten Drosselventilen leisten die Teile der Turbine 90 000 und 130 000 kW.

Die Dampfturbine treibt zwei Drehstromerzeuger für 68 250 und 100 000 kVA bei 60 Per./s, die parallel ein Netz von 13 800 V speisen. Die drei Teilkammerkessel, Bauart Springfield, haben je 1860 m² Heizfläche und je 181 000 kg/h Dampfleistung. Überhitzer von 445 m² erhöhen die Dampftemperatur auf 408 °. Die Anlage hat getrennte Kohlenmühlen und die Kessel haben Feuerraumwände mit Wasserkühlung. Die ersten beiden haben Rauchgasvorwärmer von je 2420 m² Heizfläche, der dritte einen von 2580 m². Die Luftvorwärmer haben je 1100 m² Heizfläche. („Power" 23. Oktober 1928 S. 697) [N 2243 a] Le.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 962.

Ersparnisse durch Änderung eines Rohrkrümmers

Im East Peoria-Kraftwerk der Illinois Electric Power Co. war es zuerst nicht möglich, die Leistung der Dampfkessel mit Kohlenstaubfeuerung über 59 kg/m²h zu steigern. Da der Dampfbedarf höher war, verstärkte man die Motoren der Saugzuggebläse von 127 auf 202 PS, wobei die Drehzahl auf 500 U/min stieg. Die Dampfleistung erreichte danach 65 kg/m²h, blieb aber immer noch um 2,5 kg/m²h zu niedrig. Man wurde dann auf den Druckverlust in einem Viertelkreis-Rohrkrümmer hinter dem Gebläse aufmerksam und baute an dessen Stelle einen rechtwinkligen Krümmer ein, in den unter 45 ° eine Reihe von kurzen Leitschaufeln eingefügt wurde. Nach dieser Änderung konnte man die Belastung bei gleichem Kraftverbrauch der Gebläse auf rd. 70 kg/m²h steigern. Die gleiche Änderung wurde an einem hinter dem Krümmer abzweigenden Rohr getroffen, das einen Teil der Rauchgase zu den Trocknern leitet. Insgesamt erreichte man durch den Umbau:

1. Erhöhung der Leistung des 40 000 kW-Kraftwerks um 2000 kW;
2. Verminderung des jährlichen Kraftverbrauchs der Saugzuggebläse um 273 000 kWh;
3. Verminderung des jährlichen Kraftverbrauchs der Kohlenmühlen infolge besser getrockneter Kohle um 135 000 kWh.

Die Ersparnisse entsprechen einer Kohlenersparnis von rd. 552 t im Jahr. („Power" 23. Oktober 1928 S. 677*) [N 2243 b] Le.

Siebenstufige Bohrlochpumpen in einem englischen Wasserwerk

Für die Pumpanlage Prestwood der South Staffordshire Waterworks Co. hat die Firma Gebr. Sulzer A.-G. zwei siebenstufige Bohrlochpumpen geliefert, die mit 838 mm Bohrloch-Dmr. und 41 m Wellenlänge zu den größten im Betrieb befindlichen Sulzer-Bohrlochpumpen gehören. Jede Pumpe fördert das Wasser in eine stehende vierstufige Hochdruck-Kreiselpumpe, die auf der gleichen Antriebwelle sitzt und das Wasser teilweise in einen Hochbehälter und teilweise in das Leitungsnetz drückt.

Zum Antrieb jedes Pumpensatzes dient ein Drehstrommotor von 710 PS mit Drehzahlregelung. Bei 725 U/min und 255,5 m Förderhöhe beträgt die Fördermenge jedes Pumpensatzes 158 l/s. [N 2243 c] Sd.

Ford-Flugzeuge

Die Ford-Flugzeuge werden von der Firma Stout Metal Airplane Co., Dearborn, in der Nähe von Detroit, einer Abteilung der Ford Motor Co., hergestellt. Als Werkstoff verwendet man Duralumin, für hochbeanspruchte Teile Stahl. Der Rumpf wird auf der Malle und die Flächen werden im Lehrgerüst, ähnlich wie in Deutschland, zusammengebaut. Die Tragfläche des freitragenden dreimotorigen Hochdeckers besteht aus drei Teilen; das Mittelstück liegt auf dem Rumpf auf. Ein Motor ist an vier Punkten vorn am Rumpf befestigt, während die beiden andern Motoren mittels Streben an der Fläche befestigt sind und auf der Stützstrebe des Fahrgestells, in die eine Gummiabfederung eingebaut ist, aufliegen. Fläche und Rumpf sind mit Duraluminwellblech verkleidet.

Die dreimotorigen Flugzeuge für zehn Fluggäste haben 22,5 bis 23,7 m Spannweite je nach Anforderung und 15,2 m Rumpflänge; ihre Reisegeschwindigkeit beträgt 142 km/h, das Leergewicht 2,77 bis 2,86 t, das Gesamtgewicht 4,5 bis 4,9 t und die Reichweite rd. 900 km. („Heat Treating and Forging" September 1928 S. 1032) [N 2243 d] Gw.

Verdampfkühlung für Luftschiffmotoren

In der Versammlung der British Association zu Glasgow machte T. R. Cave-Browne-Cave einige Angaben über eine neue Art der Verdampfkühlung, die zur Zeit an einer für das englische Starrluftschiff „R 101" bestimmten Versuchsanlage erprobt wird. Dieses Luftschiff soll mit kompressorlosen Dieselmotoren von Beardmore & Co. ausgerüstet werden. Jeder Motor hat acht in einer Reihe stehende Zylinder von 209,6 mm Dmr. und 305 mm Hub und soll bei 1000 U/min 650 PS leisten sowie mit Leichtmetall-Kurbelgehäuse rd. 1630 kg wiegen.

Das Kühlverfahren unterscheidet sich von dem bekannten[1]) Verfahren nach Rushmore dadurch, daß die Pumpe für das Umwälzen des Kühlwassers beibehalten wird. Das Kühlwasser läuft in parallelen Strömen durch die Kühlmäntel der Zylinder und tritt oben mit dem Dampf in ein sich erweiterndes Sammelrohr, das in einen senkrechten Abscheider mündet. Aus diesem saugt die Umlaufpumpe das Wasser wieder ab, während der Dampf am oberen Ende Heizkörpern zugeleitet wird. Das in diesen Heizkörpern niedergeschlagene Wasser läuft wieder zum Abscheider zurück. Ob es möglich sein wird, das Einfrieren dieser Leitungen zu verhindern, müssen allerdings erst die weiteren Erfahrungen zeigen. („Engineering" 21. September 1928 S. 375) [N 2243 e] H.

[1]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 10 S. 339.

Kitson-Meyer-Lokomotive für große Kurvenbeweglichkeit

Für die Kalka – Simla-Bahn in Indien mit sehr vielen und scharfen Krümmungen haben die Kitson & Meyer-Werke, Leeds, eine besonders kurvenbewegliche Lokomotive der nach ihnen bezeichneten Bauart ausgeführt. Kessel und Tender ruhen mit kugelförmigen Zapfen auf zwei selbständigen Fahrgestellen; das vordere Fahrgestell ist sehr weit über das Kesselende vorgeschoben, ebenso das hintere Fahrgestell über den Tender, so daß sich ein Gesamtradstand von 13 665 mm ergibt. Die Anforderungen an die Kurvenbeweglichkeit sind noch aus dem Grunde sehr hoch, weil sich die beiden Fahrgestelle bei diesem großen Radstand in den S-förmigen Doppelkurven der Strecke auf entgegengesetzte Krümmung einstellen müssen. Alle Triebachsen haben Spurkränze, ihre Anlauffläche ist aber sehr steil und die Abrundung nur ganz schwach, wodurch ein Aufsteigen in den scharfen Krümmungen verhindert wird[1]). („The Engineer" 2. November 1928 S. 480*) [N 2243 f] Ro.

[1]) Vergl. S. 1686 dieses Heftes „Spurkränze englischer Lokomotiven".

Straßenunterhaltungsmaschine

Straßen mit Schotter- oder Kiesbelag werden in den Vereinigten Staaten mit besonderen Straßenunterhaltungsmaschinen in Ordnung gehalten. An dem Fahrgestell eines Lastwagens ist ein kräftiger Rahmen befestigt, an dem sich drei V-förmig gestaltete Schaber befinden. Diese verteilen den gelockerten Steinbelag wieder gleichmäßig über die Straße. Eine solche Maschine befährt täglich rd. 70 km, so daß man also auf eine Länge von 35 km eine Straße vollständig beschottern kann. Vielfach stellen die Straßenverwaltungen solche Unterhaltungsmaschinen aus alten Lastwagen selbst her, so daß sehr wenig Kapital angelegt zu werden braucht. Ein Kilometer doppelter Fahrweg kostet dann etwa 1,25 RM. („Engineering News-Record" 18. Oktober 1928 S. 590*) [N 2243 g] Schr.

Mitteilungen des Deutschen Normenausschusses

Normblattentwürfe für Gasventile

(Einspruchzuschriften in doppelter Ausfertigung und für jeden Entwurf gesondert unter genauer Angabe der im rechten oberen Felde des Normblattes enthaltenen Blattbezeichnung an den Deutschen Normenausschuß, Berlin NW 7, Dorotheenstraße 47 erbeten.)

Einspruchsfrist: 5. Januar 1929

Gaseck- und Gaskreuzventil mit Flanschanschluß nach Nenndruck 10 bei Nennweite 100 bis 550, Betriebsdruck 0,2 kg/cm² nach Nenndruck 2,5 bei Nennweite 600 bis 1000, Betriebsdruck 0,2 kg/cm² Armaturen	DIN Entwurf 1 E 3214

Maße in mm

Bezeichnung eines Gaseckventils mit Flanschanschluß nach Nenndruck 10 für Nennweite $d = 100$
Gaseckventil
100 DIN 3214

Gaseckventil

Bezeichnung eines Gaskreuzventils mit Flanschanschluß nach Nenndruck 10 für Nennweite $d = 100$
Gaskreuzventil
100 DIN 3214

Gaskreuzventil

Die bildlichen Darstellungen sind für die Ausführungen nicht maßgebend

Der Deutsche Normenausschuß unterbreitet die folg[en]den Normblatt-Entwürfe der Öffentlichkeit zur Beurteilu[ng]:

DIN 3214 Gaseck- und Kreuzventile,
DIN 3215 Gasdurchgangventile,
DIN 3216 Gasdreiwegventil mit gradem Abgangstutz[en],
DIN 3217 Gasdreiwegventil mit Krümmer.

Diese Gasarmaturen sind vornehmlich für Apparatu[ren] in Gaswerken bestimmt. Für den Umfang der Normung w[ar] die Richtlinie aufgestellt worden, eine Maßfestlegung m[ög]lichst nur in dem Umfange vorzunehmen, daß das fert[ige] Armaturstück gegen ein andres in der Leitung ausgewe[ch]selt werden kann. Es wurden demnach genormt: die B[au-] und Schenkellängen, Flanschanschlüsse, außerdem die Ha[nd]raddurchmesser; die Handräder selbst sind in der flach[en] Ausführung vorgesehen wie für die genormten Absp[err]schieber nach DIN 3204 bis 3208. Ferner sind die Spind[el]durchmesser und die Spindelgewinde, letztere als Trap[ez]gewinde nach DIN 103, festgelegt worden.

Die Bau- und Schenkellängen wurden un[ter] Anlehnung an die bisher üblichen Ausführungen nach [fol]genden Grundsätzen bestimmt:

DIN-Entwurf 3214

Schenkellänge des Eck- und Kreuzventils DIN 3214, u. [z.]
für die Nennweiten 100 bis 500 mm: $d + 50$ mm (hie[r] ist d die Nennweite),
für die Nennweiten 600 bis 1000 = $0{,}25\,d + 450$ mm,
für die Nennweiten 550 mm zwischengestuft.

Die Baulänge des Kreuzventiles ist auf das Doppelte [d.] Schenkellänge des entsprechenden Eckventils festgelegt.

DIN-Entwurf 3215

Baulänge des Gasdurchgangventiles DIN 3215, und zwar
für die Nennweiten 100 bis 500 mm: $2\,d + 100$ mm,
für die Nennweiten 600 bis 1000 mm: $1{,}25\,d + 500$,
für die Nennweite 550 mm: zwischengestuft.

DIN-Entwürfe 3216 und 3217

Baulängen der Gasdreiwegeventile DIN 3216 und 32[17] genau wie beim Gasdurchgangventil DIN 3215.

Die Entfernung der oberen Anschlußrohrachse bis zu[m] unteren Flansch beträgt bei DIN 3216: $1{,}1\,d + 160$ mm. .

Die Schenkellänge von der oberen Anschlußrohrach[se] bis zur Mitte des unteren Krümmerstutzens ist bei DIN 32[17] gleich der Baulänge.

Die Entfernung von der Durchgangs-Rohrachse bis z[ur] Oberkante des Handrades ist bei sämtlichen Blätte[rn] DIN 3214 bis 3217 als Richtmaß angegeben. Sämtli[che] übrigen Maße sind freie Konstruktionsmaße.

[M 2023] Fröber

Die hier wiedergegebenen Entwürfe entsprechen inhaltli[ch], jedoch nicht bildgetreu den Normblättern.

Nennweite	Gehäuse: Baulänge	Gehäuse: Bauhöhe (Richtmaß)	Rohranschlußflansch*): Durchmesser	Lochkreis-Dmr.	Schrauben: Anzahl	Schrauben: Gewinde	Schrauben: Loch-Dmr.	Arbeitsleiste: Dmr.	Arbeitsleiste: Höhe	Dicke	Spindelmaße: Vierkant	Vierkantlänge	Schaft-Dmr.	Gewindeauß.-Dmr.	Handrad-Dmr.
d	L	H	D	k			l	g	f	b	a	c	d_1	d_2	D_1
100	300	300	220	180	8	5/8"	18	158	3	22	14	29	26	26	180
125	350	330	250	210	8	5/8"	18	188	3	24	14	29	26	26	180
150	400	360	265	240	8	3/4"	22	212	3	24	14	29	26	26	180
(175)	450	390	315	270	8	3/4"	22	242	3	26	17	34	26	26	225
200	500	420	340	295	12	3/4"	22	268	3	26	17	34	26	26	225
(225)	550	450	370	325	12	3/4"	22	295	3	26	19	38	30	30	280
250	600	480	395	350	12	3/4"	22	320	3	28	19	38	30	30	280
(275)	650	500	420	375	12	3/4"	22	345	4	28	19	38	30	30	280
300	700	540	445	400	12	3/4"	22	370	4	28	19	38	30	30	280
(325)	750	560	475	430	16	3/4"	22	400	4	30	22	42	32	32	320
350	800	600	505	460	16	3/4"	22	430	4	30	22	42	32	32	320
(375)	850	630	540	490	16	7/8"	25	456	4	32	22	42	32	32	320
400	900	650	565	515	16	7/8"	25	482	4	32	22	42	32	32	320
450	1000	710	615	565	20	7/8"	25	532	4	32	24	47	36	36	400
500	1100	770	670	620	20	7/8"	25	585	4	34	24	47	36	36	400
(550)	1150	830	730	675	20	1"	30	635	4	36	24	47	36	36	400
600	1200	890	755	705	20	7/8"	26	670	5	30	24	47	36	36	400
700	1250	1000	860	810	24	7/8"	26	775	5	30	32	55	44	44	500
800	1300	1120	975	920	24	1"	30	880	5	30	32	55	50	50	500
900	1350	1250	1075	1020	24	1"	30	980	5	30	32	55	50	50	500
1000	1400	1350	1175	1120	28	1"	30	1080	5	30	36	66	55	55	640

*) Bemerkungen über Rohranschlußflansche, Anordnung d[er] Schraubenlöcher usw. sowie Schlußbemerkungen gleichlautend wie un[ter] DIN Entwurf 1 E 3217 s. S. 1690.

Gasdurchgangventil
mit Flanschanschluß
nach Nenndruck 10 bei Nennweite 100 bis 550, Betriebsdruck 0,2 kg/cm²
nach Nenndruck 2,5 bei Nennweite 600 bis 1000, Betriebsdruck 0,2 kg/cm²

Armaturen

DIN
Entwurf 1
E 3215

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht maßgebend

Bezeichnung eines Gasdurchgangventils mit Flanschenanschluß nach Nenndruck 10 für Nennweite $d = 100$

Gasdurchgangventil 100 DIN 3215

Nennweite	Gehäuse		Rohranschlußflansch*)								Spindelmaße				Handrad-Dmr.	Verwendbar für den Betriebsdruck
	Baulänge	Bauhöhe (Richtmaß)	Durchmesser	Lochkreis-Dmr.	Schrauben			Arbeitsleiste		Dicke	Vierkant	Vierkantlänge	Schaft-Dmr.	Gewinde-außen-Dmr.		
					Anzahl	Gewinde	Loch-Dmr.	Dmr.	Höhe							
d	L	H	D	K			l	g	f	b	a	c	d_1	d_2	D_1	
100	300	430	220	180	8	5/8"	18	158	3	22	14	29	26	26	180	0,2 kg/cm²
125	350	470	250	210	8	5/8"	18	188	3	24	14	29	26	26	180	
150	400	500	285	240	8	3/4"	22	212	3	24	14	29	26	26	180	
(175)	450	540	315	270	8	3/4"	22	242	3	26	17	34	26	26	225	
200	500	570	340	295	12	3/4"	22	268	3	26	17	34	26	26	225	
(225)	550	610	370	325	12	3/4"	22	295	3	26	19	38	30	30	280	
250	600	640	395	350	12	3/4"	22	320	3	28	19	38	30	30	280	
(275)	650	670	420	375	12	3/4"	22	345	4	28	19	38	30	30	280	
300	700	710	445	400	12	3/4"	22	370	4	28	19	38	30	30	280	
(325)	750	740	475	430	16	3/4"	22	400	4	30	22	42	32	32	320	
350	800	780	505	460	16	3/4"	22	430	4	30	22	42	32	32	320	
(375)	850	820	540	490	16	7/8"	25	456	4	32	22	42	32	32	320	
400	900	850	565	515	16	7/8"	25	482	4	32	22	42	32	32	320	
450	1000	920	615	565	20	7/8"	25	532	4	32	24	47	36	36	400	
500	1100	990	670	620	20	7/8"	25	585	4	34	24	47	36	36	400	
(550)	1150	1060	730	675	20	1"	30	635	4	36	24	47	36	36	400	
600	1250	1140	755	705	20	7/8"	26	670	5	30	24	47	36	36	400	
700	1375	1260	860	810	24	7/8"	26	775	5	30	32	55	44	44	500	
800	1500	1400	975	920	24	1"	30	880	5	30	32	55	50	50	500	
900	1625	1550	1075	1020	24	1"	30	980	5	30	32	55	50	50	500	
1000	1750	1650	1175	1120	28	1"	30	1080	5	30	36	66	55	55	640	

*) Bemerkungen über Rohranschlußflansche, Anordnung der Schraubenlöcher usw., sowie Schlußbemerkungen gleichlautend wie hinter DIN Entwurf 1 E 3217 s. S. 1690.

Gasdreiwegventil
mit geradem Abgangstutzen
mit Flanschanschluß
nach Nenndruck 10 bei Nennweite 100 bis 550, Betriebsdruck 0,2 kg/cm²
nach Nenndruck 2,5 bei Nennweite 600 bis 1000, Betriebsdruck 0,2 kg/cm²

Armaturen

DIN
Entwurf 1
E 3216

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht maßgebend

Bezeichnung eines Gasdreiwegventils mit Flanschenanschluß nach Nenndruck 10 für Nennweite $d = 100$

Gasdreiwegventil 100 DIN 3216

Nennweite	Gehäuse			Rohranschlußflansch*)								Spindelmaße				Handrad-Dmr.	Verwendbar für den Betriebsdruck
	Baulänge	Bauhöhe	Bauhöhe (Richtmaß)	Durchmesser	Lochkreis-Dmr.	Schrauben			Arbeitsleiste		Dicke	Vierkant	Vierkantlänge	Schaft-Dmr.	Gewinde-außen-Dmr.		
						Anzahl	Gewinde	Loch-Dmr.	Dmr.	Höhe							
d	L	C	H	D	K			l	g	f	b	a	c	d_1	d_2	D_1	
100	300	270	300	220	180	8	5/8"	18	158	3	22	14	29	26	26	180	0,2 kg/cm²
125	350	300	330	250	210	8	5/8"	18	188	3	24	14	29	26	26	180	
150	400	325	360	285	240	8	3/4"	22	212	3	24	14	29	26	26	180	
(175)	450	350	390	315	270	8	3/4"	22	242	3	26	17	34	26	26	225	
200	500	380	420	340	295	12	3/4"	22	268	3	26	17	34	26	26	225	
(225)	550	400	450	370	325	12	3/4"	22	295	3	26	19	38	30	30	280	
250	600	430	480	395	350	12	3/4"	22	320	3	28	19	38	30	30	280	
(275)	650	460	500	420	375	12	3/4"	22	345	4	28	19	38	30	30	280	
300	700	490	540	445	400	12	3/4"	22	370	4	28	19	38	30	30	280	
(325)	750	515	560	475	430	16	3/4"	22	400	4	30	22	42	32	32	320	
350	800	545	600	505	460	16	3/4"	22	430	4	30	22	42	32	32	320	
(375)	850	575	630	540	490	16	7/8"	25	456	4	32	22	42	32	32	320	
400	900	600	650	565	515	16	7/8"	25	482	4	32	22	42	32	32	320	
450	1000	655	710	615	565	20	7/8"	25	532	4	32	24	47	36	36	400	
500	1100	710	770	670	620	20	7/8"	25	585	4	34	24	47	36	36	400	
(550)	1150	765	830	730	675	20	1"	30	635	4	36	24	47	36	36	400	
600	1250	820	890	755	705	20	7/8"	26	670	5	30	24	47	36	36	400	
700	1375	930	1000	860	810	24	7/8"	26	775	5	30	32	55	44	44	500	
800	1500	1040	1120	975	920	24	1"	30	880	5	30	32	55	50	50	500	
900	1625	1150	1250	1075	1020	24	1"	30	980	5	30	32	55	50	50	500	
1000	1750	1260	1350	1175	1120	28	1"	30	1080	5	30	36	66	55	55	640	

*) Bemerkungen über Rohranschlußflansche, Anordnung der Schraubenlöcher usw., sowie Schlußbemerkungen gleichlautend wie hinter DIN Entwurf E 3217 s. S. 1690.

Gasdreiwegventil mit Krümmer mit Flanschanschluß nach Nenndruck 10 bei Nennweite 100 bis 550, Betriebsdruck 0,2 kg/cm² nach Nenndruck 2,5 bei Nennweite 600 bis 1000, Betriebsdruck 0,2 kg/cm² Armaturen	DIN Entwurf 1 E 3217

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht maßgebend

Bezeichnung eines Gasdreiwegventils mit Flanschenanschluß na[ch] Nenndruck 10 für Nennweite $d = 100$

Gasdreiwegventil 100 DIN 3217

Nennweite	Gehäuse			Rohranschlußflansch*)								Spindelmaße				Handrad-Dmr.	Verwendbar für den
	Baulänge	Schenkellänge	Bauhöhe (Richtmaß)	Durchmesser	Lochkreis-Dmr.	Schrauben			Arbeitsleiste		Dicke	Vierkant	Vierkantlänge	Schaft-Dmr	Gewindeauß.-Dmr.		
						Anzahl	Gewinde	Loch-Dmr.	Dmr.	Höhe							
d	L	C	H	D	k			l	g	f	b	a	c	d_1	d_2	D_1	
100	300	300	300	220	180	8	5/8"	18	158	3	22	14	29	26	26	180	0,2 kg/cm²
125	350	350	330	250	210	8	5/8"	18	188	3	24	14	29	26	26	180	
150	400	400	360	285	240	8	3/4"	22	212	3	24	14	29	26	26	180	
(175)	450	450	390	315	270	8	3/4"	22	242	3	26	17	34	26	26	225	
200	500	500	420	340	295	12	3/4"	22	268	3	26	17	34	26	26	225	
(225)	550	550	450	370	325	12	3/4"	22	295	3	26	19	38	30	30	280	
250	600	600	480	395	350	12	3/4"	22	320	3	28	19	38	30	30	280	
(275)	650	650	500	420	375	12	3/4"	22	345	4	28	19	38	30	30	280	
300	700	700	540	445	400	12	3/4"	22	370	4	28	19	38	30	30	280	
(325)	750	750	560	475	430	16	3/4"	22	400	4	30	22	42	32	32	320	
350	800	800	600	505	460	16	3/4"	22	430	4	30	22	42	32	32	320	
(375)	850	850	630	540	490	16	7/8"	25	456	4	32	22	42	32	32	320	
400	900	900	650	565	515	16	7/8"	25	482	4	32	22	42	32	32	320	
450	1000	1000	710	615	565	20	7/8"	25	532	4	32	24	47	36	36	400	
500	1100	1100	770	670	620	20	7/8"	25	585	4	34	24	47	36	36	400	
(550)	1150	1150	830	730	675	20	1"	30	635	4	36	24	47	36	36	400	
600	1250	1250	890	755	705	20	7/8"	26	670	5	30	24	47	36	36	400	
700	1375	1375	1000	860	810	24	7/8"	26	775	5	30	32	55	44	44	500	
800	1500	1500	1120	975	920	24	1"	30	880	5	30	32	55	50	50	500	
900	1625	1625	1250	1075	1020	24	1"	30	960	5	30	32	55	50	50	500	
1000	1750	1750	1350	1175	1120	28	1"	30	1080	5	30	36	66	55	55	640	

*) Rohranschlußflansche nach DIN 2530 und 2532.
Anordnung der Schraubenlöcher nach DIN 2508.
Druckstufen nach DIN 2401 (Die Prüfung der Dichtigkeit i[m] Plattenabschluß erfolgt in Höhe des Betriebsdruckes).
Kennzeichen des Gasdreiwegventils nach DIN 3400 (auf da[s] Gehäuse aufzugießen).
Drehsinn: Durch Rechtsdrehen der Spindel — im Sinne der Uhrzeigerbewegung — wird das Ventil geschlossen.

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße
Die eingeklammerten Größen sind möglichst zu vermeiden
Die Ventilausführung für kalte Gase erfolgt normal nur für eine[n] Betriebsdruck bis zu 0,2 kg/cm²
Gewinde: Spindelgewinde, Trapezgewinde nach DIN 103
Werkstoff: Gehäuse, Gehäusedeckel, Ventilteller, Stopfbüchse un[d] Aufsatz: Gußeisen
Dichtung: Gußeisen auf Gußeisen
Spindel: Stahl
Gußeisen nach DIN 1691

Fachnormenausschuß für Armature[n]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Hochfrequenztechnik. Herausgeg. von L. Graetz. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. 127 S. m. 171 Abb. Preis 13 RM.

Das Werk gibt in sehr knapper und trotzdem strenger Form einen Abriß der modernen Hochfrequenztechnik. Obgleich vier Verfasser an der Bearbeitung beteiligt sind, ist bis auf einige Äußerlichkeiten die Einheitlichkeit gut gewahrt.

Der 1. Teil behandelt die elektromagnetische Strahlung und Wellenausbreitung im Anschluß an die bekannten Arbeiten von Sommerfeld, Rüdenberg, Zenneck, Abraham. Der 2. Teil beschäftigt sich mit den Hochfrequenzgeräten und gliedert sich in vier Unterabteilungen: die Elemente, Sender, Empfang und Funkpeilung. In dem Abschnitt Röhrensender sind die Angaben über verschiedene praktische Schaltungen etwas ungleichmäßig. Auf S. 90 wird z. B. eine unveröffentlichte Schaltung beschrieben, während bekannte Verfahren nicht erwähnt sind. Auch die Handhabung der Zitate ist sehr verschieden, was der historischen Entwicklung, auf die schließlich ein Handbuch auch bei Zitaten einen gewissen Wert legen muß, nicht gerecht wird (vergl. S. 59)[1].

Die Schaltbilder sind im allgemeinen übersichtlich und klar. Die Einheitlichkeit des Werkes wird aber z. B. dadurch gestört, daß in verschiedenen Teilen verschiedene Darstellungsweisen für die Elektronenröhren benutzt werden.

Diese mehr äußerlichen Nachteile vermögen den Wert des Werkes nicht herabzusetzen. Es erfordert natürlich zum Verständnis einige physikalische und mathematische Vorkenntnisse, da es den Zweck hat, in erster Linie dem Physiker einen Einblick in dieses Gebiet zu geben. Aber auc[h] als Sonderwerk kann es jedem, der sich in dieses Teilgebie[t] der Elektrotechnik vertiefen will, bestens empfohlen werden.
[E 2062] L. Pungs

[1]) Ausländische Verfasser zitieren selten deutsche Arbeiten. Bei uns macht man es natürlich oft umgekehrt.

Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. Von Alfred Bothe. Berlin 1928, Julius Springer. 164 S. m. 116 Abb. u. 18 Taf. Preis 32 RM.

Es ist das Verdienst Kemmanns, daß die Berline[r] Hoch- und Untergrundbahn im Jahre 1913 dazu übergehe[n] konnte, das handbediente Blocksystem allmählich durch ein[e] selbsttätige Signalanlage zu ersetzen. Um die inzwische[n] entstandenen zahlreichen Verbesserungen und Neubildunge[n] hat sich besonders Alfred Bothe verdient gemacht. Sei[n] Buch bedeutet deshalb eine wertvolle Ergänzung der hervorragenden Veröffentlichungen Kemmanns.

Im ersten Abschnitt werden die selbsttätigen Signal[e] (Taglichtsignale) behandelt. Den halbselbsttätigen Signale[n] der abzweigenden Strecken nebst den zugehörigen Stellwerkeinrichtungen gilt der zweite Abschnitt. Der dritt[e] befaßt sich mit der Signalstandort- und Zugfolgeermittlung. Im letzten Abschnitt werden kurz die Beleuchtungs-, di[e] Streckenfernsprech-, die Eilruf- und die Uhrenanlage mi[t] den durch die Eigenart des Betriebes bedingten Sondereinrichtungen erläutert.

Eine klare Ausdrucksweise, vorzügliche Textabbildungen und die aufs sorgfältigste bearbeiteten Tafeln ermöglichen, sich verhältnismäßig leicht eine eingehende Kenntnis der hoch entwickelten selbsttätigen Signalanlage de[r] Berliner Hoch- und Untergrundbahn zu verschaffen. De[m] Verfasser gebührt in hohem Maße Anerkennung und de[r] Dank der Fachwelt. [E 2063] G. de Jonge

Die Welt im Querschnitt des Verkehrs. Von Wilh. Teubert. Berlin-Grunewald 1928, Kurt Vowinckel. 513 S. m. 186 Abb. Preis 32 RM.

Auf einer Reise um die Erde von 80 000 km in 365 Tagen hat der Verfasser Argentinien, Uruguay und das südliche Brasilien, ferner die wichtigsten Gebiete der Vereinigten Staaten durchmessen, flüchtiger auch Ostasien berührt, um die Fragen des Verkehrs zu Wasser, zu Lande und in der Luft zu studieren, Anregungen für die deutsche Verkehrstechnik heimzubringen und Ausschau nach Betätigungsmöglichkeiten für die deutsche Volkswirtschaft zu halten. Deutsche Behörden, der Verein deutscher Ingenieure und der Norddeutsche Lloyd unterstützten ihn weitgehend. Sein frisch und unbesorgt geschriebener Reisebericht schildert Landschaft und Klima, Leben und Sitten, Bildung und Schulwesen, Verwaltung, Rassenfragen, Einwanderungswesen, die Stellung des Deutschtums u. a. m. Eingehend behandelt werden die volkswirtschaftlichen Verhältnisse, Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Ölfelder, Wasserkräfte, Gewerbe und Industrie in den so verschiedenartigen Ländern. Einen breiten Raum nehmen naturgemäß die Verkehrsmittel ein, Eisenbahnen, Wasserstraßen und Seehäfen und deren Entwicklungsmöglichkeiten und gegenseitige Beeinflussung, Kraftwagen für den Stadt- und Überlandverkehr. Die statistischen Angaben über die wirtschaftliche Bedeutung der Verkehrsmittel sind dank dem Entgegenkommen von allen Seiten sehr ausführlich. Weitere Angaben, Entwürfe u. a. will der Verfasser den besonders beteiligten Stellen zur Verfügung stellen. Zukunftspläne werden kritisch gewürdigt.

So empfängt der Leser ein lebendiges Bild von Land und Leuten und vor allem von den Verkehrsverhältnissen vieler Länder, die für die deutsche Wirtschaft von größter Bedeutung sind und es noch mehr werden sollen. Es ist kein planmäßiges Nachschlagewerk, manches mag sogar inzwischen überholt sein, aber es ist ein sehr anregendes Buch für Kaufmann, Volkswirt und Ingenieur. [E 2014]

R. S.

Die ästhetische Gestaltung des Seeschiffes. Von Karl Franz. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 80 S. m. 32 Abb. Preis 4 RM.

In dieser Schrift versucht der Verfasser, in gemeinverständlicher Weise die Gestaltung der äußeren Schiffsformen und der Inneneinrichtung, die das Auge befriedigen und der Zweckmäßigkeit entsprechen sollen, zu behandeln. Im Anschluß an die einleitenden Kapitel, die schon ein Drittel des Heftchens einnehmen, geht der Verfasser auf Formgebung der äußeren Begrenzungslinien, die Anordnung der Schornsteine, der Masten usw., die Wirkung der Farbe und die Innenarchitektur gesondert ein. Als Musterbeispiele führt er meistenteils eigene Entwürfe an.

[E 2067] Ls.

Wasserabfluß durch Stollen. Von Ernst Schleiermacher. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 55 S. m. 31 Abb. Preis 5,50 RM.

Der Verfasser folgert aus seinen Versuchen, daß Wasserstollen bei Belüftung der Stollendecke am Eingang auch bei Oberwasserspiegeln, die den Stollenscheitel beträchtlich überstauen, ähnlich den Freispiegelstollen mit 1½fach gesteigerter Wassergeschwindigkeit durchströmt werden. Die Wasserspiegellage kann wie beim Freigerinne berechnet werden.

Der erste Teil beschreibt die Versuche und die Anlage und erörtert die Genauigkeit der Messungen. Im zweiten Teile sind die Ergebnisse zusammengestellt und ausgewertet, wobei die Ermittlung der Geschwindigkeitshöhen und der Drucklinie sowie der Verlauf der Energielinie besprochen werden. Den Schluß bilden einige Betrachtungen über das Mitreißen von Luft in den Stollen. [E 2068] Ls.

Vorlesungen über Algebra. Unter Benutzung der dritten Auflage des gleichnamigen Werkes von Gustav Bauer. 4. Aufl. Dargestellt von Ludwig Bieberbach. Leipzig-Berlin 1928, B. G. Teubner. 334 S. m. Abb. Preis 20 RM.

Bieberbach hat dafür gesorgt, daß die vierte Auflage den Anforderungen der modernen Zeit genügt. Ein Vergleich mit den vorhergehenden zeigt, daß hier eigentlich ein neues Buch entstanden ist.

Es ist unvermeidlich, daß bei strenger Begründung der Theoreme die Darstellung schwieriger wird, aber die fesselnde Schreibweise wird den Leser immer wieder anregen, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Der Verfasser betont die Bedeutung funktionentheoretischer Hilfsmittel und gibt auch Originalarbeiten an.

Der Inhalt umfaßt die grundlegenden Eigenschaften der algebraischen Gleichungen, die Theorie und die Anwendung der Determinanten, die Haupteigenschaften der algebraischen Gleichungen, ferner die numerische und die algebraische Auflösung der Gleichungen, zuletzt einen Anhang über Kettenbrüche.

Der Praktiker wird vor allem den vierten Abschnitt beachten. Er findet dort unter anderem das Lillsche Rechtwinkelverfahren, einiges aus der Nomographie, die „regula falsi", die Newtonsche und die Lagrangesche Näherungsmethode. Außer den Regeln, die die Zahl der reellen Wurzeln in einem Intervall bestimmen, werden auch verschiedene Methoden angegeben, wodurch man die Zahl der Nullstellen in einem komplexen Bereich feststellt.

So kann das Buch dem Praktiker, der über einige mathemathische Vorkenntnisse verfügt, und der tiefer in die Theorie der algebraischen Gleichungen eindringen will, bestens empfohlen werden.

[E 2040] Dr. M. Lindow.

Chemische Technologie der Gespinstfasern, 4. T.: **Die Praxis der Bleicherei.** Von E. Ristenpart. 3. Aufl. Berlin 1928, M. Krayn. 291 S. m. 178 Abb. Preis 22 RM.

Dieses Werk ist eine bedeutende Erweiterung zweier bekannter Vorläufer, und zwar des Werkes von Dr. Herzfeld „Das Färben und Bleichen", zweiter Teil, und des Werkes von Dr. Theis „Die Bleicherei baumwollener Gewebe". Es bringt in knapper Darstellungsform alle wesentlichen Erkenntnisse der Bleichereitechnik, insbesondere auch in ihren Rückwirkungen auf die Appretur. Der Titel des Buches ist vielleicht zu eng gefaßt, da das Werk auch in grundlegender Weise auf die Theorien eingeht. Besonders zu empfehlen ist es außer für Bleicher, Färber, Drucker, Ausrüster und für den Unterricht für Techniker und Juristen, die sich rasch über gewisse Arbeitsgebiete, Vorrichtungen und dergleichen unterrichten müssen, z. B. für Patentanwälte und Richter für technische Fragen.

Lediglich die Abbildungen sind etwas zu bemängeln, da sie den heutigen Anforderungen für technisches Zeichenwesen nur in unzulänglicher Weise gerecht werden. Das Werk ist im übrigen sehr zu empfehlen und der Neuzeit entsprechend. [E 2039] Dr. Brüggemann

Die Methodik der Fermente. Unter Mitarbeit von Fachgenossen herausgeg. von Carl Oppenheimer und Ludwig Pincussen. 1. Lfg. S. 1 bis 320 m. 181 Abb. Preis 28 RM, 2. Lfg. S. 321 bis 624 m. 116 Abb. Preis 28 RM, 3. Lfg. S. 625 bis 944 m. 48 Abb. Preis 28 RM. Leipzig 1927 und 1928, Georg Thieme.

Bei der Bearbeitung der neuen Auflage des bekannten Werkes von Carl Oppenheimer: Die Fermente und ihre Wirkungen, nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie und Kinetik, von Richard Kuhn[1]), ergab sich, daß eine eingehende Berücksichtigung der Methodik der Forschung auf diesem Gebiet sich nicht gleichzeitig in dem fortlaufenden Text geben läßt, ohne den Zusammenhang zu stören und den Umfang des Werkes über Gebühr zu vergrößern. Die genannten Autoren haben deshalb unter der Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen eine Methodik der Fermente auf breiterer Basis geschaffen, als es sich bei der gelegentlichen Einführung der betreffenden Abschnitte in den Text des Hauptwerks hätte ermöglichen lassen. Damit findet der über Enzyme experimentell arbeitende Forscher in einem Buch all das vereinigt, was er im Laboratorium jeweils braucht. Als Beispiel für die Stoffbehandlung sei der zu den physikalisch-chemischen Methoden gehörende Abschnitt über die potentiometrische Messung der Konzentration der Wasserstoffionen von Leonor Michaelis herausgegriffen, der hier kurz das Prinzip der Messung darlegt und dann deren praktische Ausführung schildert. Unter Berücksichtigung des einschlägigen Schrifttums beschreibt er die Herstellung der dabei benutzten platinierten Platinelektroden und die für sie vorgeschlagenen Elektrodengefäße unter Angabe ihrer Vorzüge und Nachteile, die Verfertigung der Bezugselektroden, die zweckmäßige Verbindung beider zu einer Kette, bei der das Flüssigkeitspotential entweder ausgeschaltet oder meßbar ist, das Verfahren zur Messung der elektromotorischen Kraft der Kette unter Angabe der dabei anzuwendenden Schaltungen und sonstigen Maßnahmen, die Herleitung der p_h-Werte aus den Messungsergebnissen, endlich die Verfertigung und Anwendung der Bijlmanschen Chinhydron-Elektrode.

Die bis jetzt erschienenen drei Lieferungen enthalten den ersten Hauptteil mit den Unterabteilungen: Allgemeine Methodik, Darstellung der Substrate, Gewinnung und Reinigung der Fermente und ihre Wirkung und den zweiten Hauptteil mit den Abschnitten: Esterasen, Karbohydrasen, Nucleasen und einen Teil der Amidasen, so daß das wertvolle und vielen willkommene Werk in absehbarer Zeit vollendet sein wird. [E 2007] Böttger

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1691.

Chemische Laboratorien. Ihre neuzeitliche Einrichtung und Leitung. Von Alfred Behre. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft. 113 S. m. 21 Plänen und 12 Abb. Preis 7 *RM.*

Das vorliegende Buch unterscheidet sich von den übrigen Veröffentlichungen über Laboratorien dadurch, daß es nicht die Untersuchungsverfahren und die dazu notwendigen wissenschaftlichen Geräte beschreibt, sondern ausführlich Bau und äußere und innere Einrichtung der Laboratorien für chemische und physikalisch-chemische Untersuchungen behandelt. Jedes Laboratorium muß dem Arbeitsgebiet entsprechend eingerichtet sein. Raumverteilung, Nebenräume, Lüftung, Heizung, Leitungen für Gas, Wasser und elektrischen Strom, Sicherheitseinrichtungen, Anlagen für die Aufbewahrung der Chemikalien, Arbeitstische u. a. müssen der besonderen Forschungstätigkeit angepaßt werden. So wird z. B. auch zweckmäßige Anlage und Einrichtung des Waagenraums, der Räume für das Titrieren, sowie für Mikroskopie und Bakteriologie, für Schwefelwasserstoff-Untersuchungen, für Sammlungen, für Vorträge u. a. beschrieben.

Pläne neuzeitlicher, mustergültiger Industrie-, Universitäts- und Hochschullaboratorien, baulicher Einzelheiten, z. B. der Leitungen für Gas, Wasser, Druckluft, Dampf und Elektrizität, vervollständigen das Buch, das den Fachgenossen ein Wegweiser sein will, wie sie ein Laboratorium einrichten und leiten sollen. Erfreulich ist, daß der Verfasser es verstanden hat, fremdsprachige Ausdrücke zu verdeutschen, wo dies ohne Sinnentstellung oder Sprachknebelung möglich war. [E 1986] Schr.

Der Kesselbaustoff. Von Max Moser. 3. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 29 S. m. 143 Abb. Preis 7,50 *RM.*

Die Entropie-Diagramme der Verbrennungsmotoren, einschließlich der Gasturbine. Von P. Ostertag. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 78 S. m. 16 Abb. Preis 4,50 *RM.*

Hochspannungsanlagen. Von Friedrich Weickert. 2. Aufl. Leipzig 1928, Max Jänecke. 320 S. m. 266 Abb. Preis 13,50 *RM.*

Die asynchronen Drehstrommaschinen mit und ohne Stromwender. Von Franz Sallinger. Berlin 1928, Julius Springer. 197 S. m. 159 Abb. Preis 9,20 *RM.*

Der Eisenwasserbau. Von H. Kulka. 1. Bd.: Theorie und Konstruktion der beweglichen Wehre. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 323 S. m. 383 Abb. Preis 31 *RM.*

Die Statik der Bauwerke. Von Rudolf Kirchhoff. 1. Bd. 2. Aufl. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 391 S. m. 494 Abb. Preis 28 *RM.*

Der Stahlhausbau. Von Hans Spiegel. 1. Bd.: Wohnbauten aus Stahl. Leipzig-Gohlis 1928, Alwin Fröhlich. 169 S. m. 277 Abb. Preis 14 *RM.*

Der Wohnungsbau in Deutschland nach dem Weltkriege. Von Albert Gut. Mitarbeiter Ehlgötz, Fuchs, Greven, Hellweg, May, Nadolny, Nohl und Peters; mit einem Geleitwort von Mulert. München 1928, F. Bruckmann A.-G. 568 S. m. Abb. Preis 50 *RM.*

Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen. Von F. Saurau. 3. Aufl. Wien 1928, „Vienna" Rudolf Jamnig. 144 S. m. 76 Abb. Preis 5,60 *RM.*

Ingenieurbauten der Deutschen Reichsbahn. Herausgeg. von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Berlin 1928, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 104 S. m. Abb. Preis 15 *RM.*

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft: **Anweisung für Mört und Beton.** Amtliche Ausg. Berlin 1928, Wilhelm Erns & Sohn. 66 S. m. 15 Taf. Preis 4 *RM.*

Autotechnische Bibliothek, 23. Bd.: **Autotechnisches Wörterbuch in vier Sprachen.** Von R. Schmidt. 3. Bd. Englisch-Deutsch-Französisch-Italienisch. 3. Auf Von Heinz Erblich. Berlin 1928, Rich. Carl Schmid & Co. 223 S. Preis 5 *RM.*

Ministero dei Lavori Pubblici Servizio Idrografico: **Risors idrauliche per forza motrice,** utilizzate e ancora disponibili Pubblicazione N. 12 Del Servizio. Fasc. 1: Bacini con foc al litorale del Lazio. Rom 1928, Provveditorato general dello Stato. 139 S. m. Abb. u. Karten. Preis 35 Lire.

The cleaning of coal. Von W. R. Chapman and R. A Mott. London 1928, Chapman & Hall Ltd. 680 S. m 273 Abb. Preis 42 sh.

Les combustibles dans l'industrie moderne. Von Ch. Berthelot. Paris 1928, J. B. Baillière et Fils. 656 S. m 193 Abb. Preis 102 Frs.

Technische Elektrochemie. Von Jean Billiter. 4. Bd Elektrische Öfen. Halle a. d. S. 1928, Wilhelm Knapp 302 S. m. 192 Abb. Preis 19,50 *RM.*

Kurzes Lehrbuch der Chemie in Natur und Wirtschaft. Vo Carl Oppenheimer und Joh. Matula. 2. Aufl 1. Bd.: Allgemeine Chemie. Von Johann Matula. An organische Chemie. Von Carl Oppenheimer. 566 S. m 65 Abb. Preis 26 *RM.* 2. Bd.: Organische Chemie. Vo Carl Oppenheimer. 471 S. m. 7 Abb. Preis 22 *RM.* Leipzig 1928, Georg Thieme.

Schmiermittel und ihre richtige Verwendung. Von Cur Ehlers. Leipzig 1928, Otto Spamer. 112 S. m. 4 Abb Preis 10 *RM.*

Metallgesellschaft Akt.-Ges.: **Statistische Zusammenstellungen über Aluminium, Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber Silber, Zink und Zinn.** 29. Jg. 1913, 1920 bis 1927. Frankfurt a. Main 1928. 99 S.

Illustrierte Handwerkerbibliothek, 7. Bd.: **Der praktisch Gas- und Wasser-Installateur.** Von Georg A. Schinl und Hermann Schneider. Stuttgart 1928, Ernst Heinrich Moritz. 527 S. m. 544 Abb. und 10 Taf. Preis 26 *RM*

Schriften aus dem Gesamtgebiet der Gewerbehygiene. Her ausgeg. von der Deutschen Gesellschaft für Gewerbe hygiene. Neue Folge. 20. H.: **Gewerbliche Augenschädigungen und ihre Verhütung.** Von O. Thies. 43 S. m 35 Abb. Preis 4,80 *RM.* 21. H.: **Das Sandstrahlgebläse** Bearb. von K. R. Maukisch und H. Sperk. 46 S. m. 44 Abb Preis 5,70 *RM.* 22. H.: **Die Aschebeseitigung in Großkesselanlagen.** Bearb. von A. Rühl und R. Schulte. 46 S m. 23 Abb. Preis 4,80 *RM.* Berlin 1928, Julius Springer

Grundverhältnisse des Arbeitsrechts. Von Lutz Richter Berlin 1928, Reimar Hobbing. 153 S. Preis 6,40 *RM.*

Göschens Lehrbücherei 1. Gr. 12. Bd.: **Methoden der praktischen Analysis.** Von Fr. A. Willers. Berlin un Leipzig 1928, W. de Gruyter & Co. 344 S. m. 132 Abb Preis 21,50 *RM.*

Denkschrift des Kreiselektrizitätswerkes Schwelm anläßlich der Inbetriebnahme der neuen Kohlenstaub-Kesselanlage am 2. Juli 1928. 41 S. m. Abb. Buch nicht im Buchhandel

Bodes Westen-Taschenbuch für Ingenieure. Neubearb. vo S. Jakobi und O. Kehrmann. Essen 1928, G. D Baedeker, 514 S. m. Abb. Preis 4 *RM.*

Meyers Lexikon. 7. Aufl. 8. Bd.: Marut—Oncidium. Leipzig 1928, Bibliographisches Institut. 1658 S. m. Abb Preis 30 *RM.*

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 24. NOVEMBER 1928 Nr. 47

Großdieselmotor für Schiffsantrieb mit luftloser Einspritzung,

Bauart AEG-Hesselman

Von Geh. Reg.-Rat Prof. F. Romberg, Charlottenburg

Beschreibung des doppeltwirkenden kompressorlosen Zweitaktmotors, Bauart AEG — Kurbelanordnung — Brennstoffverteilung im unteren Brennraum — Einspritzverhältnisse am Brennstoffnocken — Brennstoffreinigung — Durchbildung der Regelung für den Schiffsbetrieb — Prüfstandergebnisse.

Abb. 1. Doppeltwirkende kompressorlose Zweitakt-Schiffsölmaschine der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft. Nutzleistung 4500 PS bei 90 U/min.

Im Jahre 1920 wurde in einem Vortrag in der Schiffbautechnischen Gesellschaft[1]), wie mehrfach vorher und nachher, die Schiffsdieselmaschine behandelt und auch die künftige Entwicklung dieser Maschinenart berührt. Dabei trat ebenfalls die Frage auf, ob Viertakt oder Zweitakt, Einfach- oder Doppelwirkung mit Vorteil zu „wählen" sei. Die Meinungen darüber waren damals in den Schiffbaukreisen wie in der Fachwelt im allgemeinen sehr geteilt. Viele schwuren bedingungslos auf den einfachwirkenden Viertakt auch für die Großmaschine, weil man diese Bauart bis dahin schon zu großer Betriebsicherheit hatte entwickeln können. Aber auch der einfachwirkende Zweitakt hatte seine Anhänger. Sie waren vielleicht weniger zahlreich als die Befürworter des einfachen Viertakts. Aber auch sie konnten auf eine Reihe von Ausführungen hinweisen, die betriebstechnisch und wirtschaftlich die Probe bereits bestanden hatten. Der doppeltwirkende Zweitakt war zu jener Zeit noch nicht ernstlich spruchreif.

In der Aussprache zu jenem Vortrage vertrat ich die Ansicht, daß man künftig kaum die Freiheit haben werde, zwischen Viertakt und Zweitakt, Einfach- und Doppelwirkung nach Belieben zu wählen. Wenn der Ölmotor Großschiffsmaschine werden solle, so müsse den Anforderungen des Schiffsbetriebs an die Größe der Leistung entsprochen werden, und dann ergebe sich ganz von selbst der Zwang, vom Viertakt zum Zweitakt und bei diesem von der Einfachwirkung zur Doppelwirkung überzugehen. Der eigentliche Großdieselmotor für Schiffsantrieb könne nur ein doppeltwirkender Zweitaktmotor sein.

Diese Meinung, damals wahrscheinlich von den Zuhörern nicht restlos geteilt, ist, wie ich glaube, durch die seitherige Entwicklung im wesentlichen bestätigt, nicht

[1]) Jahrb. Schiffbaut. Ges. 1920 S. 319.

Abb. 2. Längsansicht und Schnitt.

widerlegt worden. Am ehesten war natürlich der einfachwirkende Viertaktmotor als Großmaschine am Ende technischer und wirtschaftlicher Durchführbarkeit angelangt. Bald mußte er dem doppeltwirkenden Viertakt- oder dem einfachwirkenden Zweitaktmotor weichen. Aber auch hierbei konnte es nicht sein Bewenden haben. Die geforderten höheren Maschinenleistungen hätten Zylinderabmessungen bedingt, bei denen namentlich die Wärmewirkungen nicht mehr zu beherrschen waren. Allerdings bot sich zunächst ein Ausweg, die Steigerung der Drehzahl, die über die Schwierigkeiten wenigstens vorübergehend hinweghelfen konnte. Die Schraube muß dann unter Umständen mittelbar angetrieben werden. Dieses Mittel ist in der Vergangenheit schon mit Erfolg benutzt worden. Es drängt entschieden zu weiterer Entwicklung, weil es nicht nur die Leistung zu steigern gestattet, sondern auch durch die Verkleinerung der Abmessungen gegebenenfalls Ersparnisse an Raum, Gewicht und Anlagekosten bringt. Aber auch dieser Weg ist nicht ohne Schwierigkeiten gangbar. Keineswegs führt er zu voller Freiheit in der Vergrößerung der Leistung. So erwies sich weiterhin der doppeltwirkende Zweitakt doch als unentbehrlich, da doppelter Viertakt und einfacher Zweitakt dem Anstieg der Leistung nicht folgen konnten. Eine Reihe von Anlagen dieser Art sind seither entstanden mit Zylindernutzleistungen bis zu rd. 2000 PS. Die größte in Deutschland ist wohl die des Elektrizitätswerks Hamburg-Neuhof, die mit 9 Zylindern 15 000 PS Nutzleistung hat und von Blohm & Voß nach dem System MAN gebaut worden ist[1a]).

Solche großen Zweitaktmaschinen stellen gewaltige Leistungen des modernen Maschinenbaues dar. Aber man ist noch weit davon entfernt, alle Schwierigkeiten restlos überwunden zu haben. Namentlich die Wärmebeherrschung bildet nach wie vor ein starkes Hindernis für die Vergrößerung der Zylinderabmessungen, die heute nur einig hundert Millimeter gegen früher beträgt. Die Zylinderkonstruktionen, die den langwierigen Kampf mit de Wärmewirkungen schließlich erfolgreich bestanden habe sind vom Standpunkt der Einfachheit und Sicherheit g genüber anderen Kraftmaschinenzylindern, z. B. Dampfzylindern, keineswegs ideal zu nennen.

Was ich vorher geschildert habe, betrifft zunächst d Entwicklung der Großdieselmaschine mit Lufteinspritzun Diese Entwicklung hat in der Ausbildung der Zerteilun und Verteilung des Brennstoffs im Zylinder keine erhel lichen Schwierigkeiten bereitet. Das Einblasen des Bren stoffs mit Druckluft ist ein unübertreffliches Mittel, um de Brennstoff in jeder Feinheit zu zerstäuben und ihn selb in größeren Zylinderräumen schnell und vollkommen z verteilen. Daher kann auch eine gute Verbrennung b dieser Art der Einspritzung unschwer erzielt werde Würde nicht die Drucklufterzeugung und -verwendung de Bau der Anlagen wesentlich verwickeln und verteuern un würde nicht durch den Fortfall der mit der Luftverwe dung zusammenhängenden Teile auch der Betrieb ei facher und sicherer werden, so hätte man kaum eine Grund, die Art der Einspritzung zu ändern.

Die Einspritzung ohne Druckluft, entweder allein durc „Strahlzerstäubung", oder im Vorkammerverfahren is von großer Tragweite für die Fortentwicklung des Diese motors geworden. Sie verspricht den größten Fortschri in der Ausgestaltung dieser Maschine seit ihrer En stehung vor 30 Jahren. Aber dieser Fortschritt ist nich leicht zu erringen. Mit dem kompressorlosen Kleindiese motor wurde natürlich begonnen. Er ist in längerer En wicklung zu einer betriebsicheren, wirtschaftlichen un marktfähigen Maschine ausgebildet worden. Ein Stillstan an dieser Stelle ist nicht möglich. Die Übertragung de

[1a]) Z. Bd. 70 (1926) S. 818 u. 1409.

Abb. 3
Querschnitt.

a Schwungrad
b Drehvorrichtung
c Elektromotor
d Schmierpressen
e Anfahrluft-Steuerschieber
f Brennstoffpumpen für den unteren Zylinderraum
g Brennstoffpumpen für den oberen Zylinderraum
h Umsteuermaschine
i Gleitbahnen für viergleisige Kreuzköpfe
k Queranker
l Zylindermittelstück
m Spülluftleitung
n Auspuffleitung
o Stahlgußring
p Zylinderdeckel
q oberes Brennstoffventil
r Sicherheitsventil
s Posaunenrohr für Kolbenkühlung
t Arm am Kreuzkopf

Abb. 2 und 3
Doppeltwirkende kompressorlose Zweitakt-Schiffsölmaschine der AEG.

uftlosen Einspritzung wird weitergehen, und diese wird sich allmählich das ganze Bereich der Dieselmaschine erobern. Auch für Großmaschinen muß die kompressorlose Bauart die Regel werden; denn sie vereinfacht den Bau, verbilligt die Anschaffung, erleichtert den Betrieb bei den großen Maschinen noch fühlbarer als bei den kleinen.

Nur wenige deutsche Firmen haben sich bislang mit dem Bau kompressorloser Großmaschinen befaßt, und der Erfolg ist noch nicht durchschlagend gewesen. Das ist begreiflich, wenn man bedenkt, daß zu den Schwierigkeiten der alten Fragen neue infolge der Eigenart der Brennstoffeinspritzung hinzugetreten sind. Die Unsicherheit in der Wahl von Viertakt oder Zweitakt, Einfach- oder Doppelwirkung für die Großmaschine ist immer noch vorhanden. Die Bedenken gegen den doppeltwirkenden Zweitakt darf man noch nicht als erledigt ansehen.

Zu allen diesen Fragen hat die AEG mit ihrer neuen Ölmaschine klar und eindeutig Stellung genommen. In längerer, mühevoller Arbeit, deren Ergebnisse wissenschaftlich und auch baulich als wertvolle Fortschritte anzusprechen sind, hat die Firma eine doppeltwirkende Zweitaktmaschine von großen Abmessungen geschaffen[2]). So ist die erste kompressorlose Großdieselmaschine für Schiffsantrieb in Deutschland entstanden, und die AEG hat sich durch diese Tat unzweifelhaft die Führung auf dem Gebiet erobert.

Aufbau der Maschine

Der doppeltwirkende Zweitaktmotor, Abb. 1 bis 3, hat folgende Hauptkennzeichen:

Zylinderdurchmesser	700 mm
Kolbenhub	1200 „
normale Drehzahl	90 U/min
Zylinderzahl	6
normale Nutzleistung	4500 PS.

[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1726; Jahrb. Schiffbaut. Ges. 1928 S. 287.

Drehzahl und Hub ergeben eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von nur 3,6 m/s, einen reichlich geringen Wert für eine Maschine dieser Art und Größe. Anstandlos könnte man die Drehzahl auf 120 U/min steigern, was einer Kolbengeschwindigkeit von 4,8 m/s entsprechen würde. Eine solche Beschleunigung des Maschinenganges ist ohne jede bauliche Änderung unbedenklich durchführbar. Dann würde auch die Nutzleistung im gleichen Verhältnis steigen, statt 4500 also 6000 PS betragen. Der Besteller wünschte die Drehzahl von 90 U/min zunächst nicht zu überschreiten.

Der allgemeine Eindruck der Maschine ist der großer Einfachheit. Außer dem Triebwerk gibt es nur wenig bewegte Teile. Diese Einfachheit erhöht die Betriebsicherheit, die im Schiffsbetrieb von entscheidender Bedeutung ist. Aus diesem Grunde vereinfacht sich auch die Bedienung und Wartung der Maschine. Der Bedienungsstand weist nur zwei Bedienungshebel, den Umsteuer- und den Brennstoffhebel auf. Ferner sind lediglich vier Manometer, je eines für den Brennstoff-, Schmieröl-, Kühlwasser- und Anfahrluft-Druck zu überwachen.

Ein Vorteil ist auch die große Übersichtlichkeit der Anordnung, die für den Schiffsbetrieb gleichfalls besonders wertvoll ist. In der Mitte des Bedienungsstandes, Abb. 2, ist die Anfahr- und Umsteuermaschine angeordnet. Links und rechts davon liegen die Brennstoffpumpen *f* und *g* für die Unter- und Oberseiten der Zylinder. Auf beiden Seiten von den Brennstoffpumpen sind noch je drei Steuerschieber *e* für die Betätigung der Anfahrluftventile vorgesehen, die mittels Druckluft gesteuert werden.

Man hätte die Brennstoffpumpen auch einzeln an den Ständern, etwa in der Höhe der unteren Zylinderdeckel, anbringen können. Das hätte sogar den Vorteil der kürzeren Druckleitungen zu den Brennstoffventilen gehabt. Aber es wäre der Nachteil entstanden, daß man eine Nockenwelle in halber Höhe der Maschine hätte vorsehen müssen; diese wäre jedoch umständlicher als die vorhandene Welle, die nur mittels Zwischenzahnrades mit der Kurbelwelle gekuppelt ist, anzutreiben gewesen. Die Brennstoff-Druckleitungen werden dabei zwar wesentlich länger, doch ist daraus kein Schaden entstanden, da man die Schwingungen der Ölsäulen in den Leitungen gut beherrschen kann.

Das Schwungrad ist am hinteren Ende der Maschine angeordnet. Es kann wegen der zwölf Zündungen bei einer Umdrehung sehr leicht sein und muß nur genügend Masse haben, um der Kurbelwelle beim Anfahren einen ausreichenden Impuls zu geben. An den Maschinenständern in Höhe der mittleren Bedienungsbühne sind die Schmierpressen angebracht, die vom Indiziergestänge aus angetrieben werden. Je sieben Schmierleitungen versorgen die oberen und unteren Zylinderlaufbüchsen, je zwei Leitungen die Stopfbüchsen der Kolbenstangen mit Schmieröl.

Die Spülluftleitung, Abb. 1 bis 3, ist an ein getrennt aufgestelltes Turbogebläse angeschlossen.

In der Art der Durchführung des Aufbaues ist auch die Gewähr gegeben für ausreichende Festigkeit und für einen ruhigen störungsfreien Gang. Die hohe und kräftige Grundplatte, Abb. 3, ist 1,8 m hoch und setzt sich aus zwei Teilen zusammen, die in der Mitte verschraubt sind. Die feste Verbindung von Grundplatte, Ständer und Zylinderrahmen mittels durchgehender Anker ergibt ein steifes Maschinengerippe, die Grundlage für einen ruhigen Gang mit geringen Erschütterungen, worauf man bei Schiffen, insbesondere Fahrgastschiffen, den größten Wert legen muß.

Außerdem sind alle lebenswichtigen Teile gut zugänglich. Dies ist wieder für die Schiffsmaschine von Bedeutung, weil die Aufstellung in engen, wenig hellen Räumen den leichten Zugang ganz besonders notwendig macht. Zugänglichkeit ist ein gutes Teil Betriebsicherheit, und diese bedeutet fraglos das oberste Gesetz im Schiff- und Schiffsmaschinenbau. Vor allem ist das Triebwerk bequem erreichbar. Man hat jeden Zylinder auf schmalen Doppelständern gelagert. Diese Konstruktion, die schon im Schiffs-Dampfmaschinenbau angewendet worden ist, legt das Triebwerk immer noch am besten frei. Die Flächen

Abb. 4
Ansicht der Maschine von der Auspuffseite.

Abb. 5
Blick auf die oberen Zylinderdeckel.

a Sicherheitsventil
b Brennstoffventil
c Brennstoffdruckleitung
d Überlaufrohr für überschüssigen Brennstoff
e Zylinderdeckel
f Zylinderdeckelschrauben
g Stahlgußring
h Befestigungsschrauben für den Stahlgußring
i Zuganker

zwischen den Ständern müssen hier mit Rücksicht auf das Schmieröl allerdings durch Blechwände überdeckt werden, die aber verhältnismäßig rasch und einfach zu entfernen sind.

Wegen der Doppelständer sind auch Querhäupter an Stelle normaler Kreuzköpfe verwendet worden. Die Gleitbahn wird viergleisig, so daß dadurch die Kolbenstange besonders gut geführt wird. Bei doppeltwirkenden Maschinen müssen die Kolbenstangen sehr genau ausgerichtet sein, damit sie schlagfrei laufen, was für das Dichthalten d Stopfbüchsen unbedingt notwendig ist.

Das Schwungrad ist der Zugänglichkeit wegen v der Grundplatte und dem hintersten Ständer abgerüc worden, um für das Verpacken der Stopfbüchse am Kurbe wellenaustritt genügend Raum zu lassen.

Der einfache Aufbau der Maschine geht besonders deu lich aus Abb. 3 hervor. Sie hat besondere Zylinde rahmen, die in der Längsachse des Motors senkrecht g teilt sind und mittels Queranker k zusammengehalten we den. In diesen Rahmen sind die Kühlmäntel und die Lau büchsen der Zylinder so gelagert, daß ihre Wärmedehnu nicht behindert ist. Das gußeiserne Mittelstück des Zyli ders enthält die Spül- und Auspuffschlitze. Dieses Stü ist von allen Beanspruchungen möglichst dadurch entlast daß es auf Flanschen gelagert ist, die am Zylinderrahm angegossen sind. Durch die Rohrleitung m und die schr nach oben und unten gerichteten Spülschlitze fließt d Spülluft den Zylindern zu. Durch die Auspuffschlitze u die Leitung n verlassen die Abgase die Zylinder.

Abb. 6 bis 9
Kurbelversetzung unter 60° in regelmäßiger Folge.

Abb. 10 bis 13
Kurbelfolge von 30°, 90°, 30°, 90° usw.

Abb. 6 bis 13. Untersuchung des Massenausgleiches bei verschiedenen Kurbelanordnungen.

Abb. 14
Drehkraftlinie bei Kurbelanordnung nach Kurbelfolge 1, Abb. 6 u. 7.

Abb. 15
Drehkraftlinie bei Kurbelanordnung nach Kurbelfolge 2, Abb. 10 und 11.

p_w Mittlerer Drehwiderstand bezogen auf 1 cm² Kolbenfläche

Die Übertragung der mechanischen Kräfte am Zylinderdeckel übernimmt im wesentlichen der Stahlgußring *o*, während der gußeiserne Deckel *p* vorwiegend der Kühlung dient. Diese konstruktive Teilung wird durch die geringe Zahl von Ventilen in den Deckeln erleichtert. In den oberen Deckeln befinden sich nur ein Brennstoffventil *q* und ein Sicherheitsventil *r*, in den unteren ein Sicherheitsventil und ein Anfahrventil. Die Brennstoffventile für die unteren Zylinderseiten sind nicht in den Deckeln, sondern aus später zu erörternden Gründen getrennt untergebracht, Abb. 18 und 19. Bemerkenswert ist noch die Kühlwasserzuführung zu den Kolben. Hierzu dienen die hohlen Kolbenstangen und die Posaunenrohre *s*, die mittels der Arme *t* mit den Kreuzköpfen verbunden sind.

Abb. 4 zeigt die Auspuffseite der Maschine, die für Rohrleitungen vorbehalten ist. Vorn ist das Schwungrad mit der Drehvorrichtung zu erkennen. Oberhalb der ersten Bedienungsbühne sind die Trichter für das Gleitbahn- und Düsenkühlwasser und darunter die größeren Trichter für das Kolbenkühlwasser zu sehen.

Abb. 5 zeigt besonders anschaulich die Vereinfachung durch die kompressorlose Zweitaktbauart bei großen Maschinen, weil jeder Steuerungsantrieb fehlt und die Zahl der Ventile gering ist.

Kurbelanordnung und Massenausgleich

Welches die günstigste Kurbelanordnung für die Sechszylinder-Zweitaktmaschine sei, ist heute noch umstritten. Man findet vorwiegend zwei Anordnungen: die eine mit Kurbelversetzung unter 60° in regelmäßiger Folge, Abb. 6 bis 9, die andre mit einer Kurbelfolge von 30°, 90°, 30°, 90° usw., Abb. 10 bis 13. Beide Anordnungen sind nicht fehlerfrei. Den besten Massenausgleich ergibt die erste Anordnung bei der Zündfolge 1, 6, 2, 4, 3, 5. Abb. 7 zeigt das Ergebnis der Untersuchung, die nach dem bekannten graphischen Verfahren mit Momentenpolygonen durchgeführt worden ist. Die Momente der hin- und hergehenden Massen erster Ordnung M_1 und die Momente der umlaufenden Massen M_u sind völlig ausgeglichen. Dagegen bleibt ein mäßig großes Moment zweiter Ordnung übrig, dessen Größe 0,35 des Moments erster Ordnung, bezogen auf Zylinder 1, beträgt.

Der Massenausgleich wird ungünstiger bei der zweiten Anordnung, Abb. 10 bis 13. Das übrig bleibende Massenmoment zweiter Ordnung ist wesentlich größer als im vorigen Falle. Auch ist noch ein kleines unausgeglichenes Massenmoment erster Ordnung und dementsprechend ein kleines Moment der umlaufenden Massen vorhanden.

Bei der zweiten Anordnung jedoch ist der Verlauf der Drehkraftlinie vorteilhafter als bei der ersten, weshalb die zweite Anordnung gleichfalls ausgeführt wird. Abb. 14 zeigt die Drehkraftlinie der ersten Kurbelfolge nach Abb. 6 und 7, Abb. 15, die der zweiten Kurbelfolge nach Abb. 10 und 11. In Abb. 14 ist der Arbeitsüberschuß *A* kleiner als in Abb. 15. Die erste Anordnung ergibt also den Vorteil eines gleichförmigeren Drehmoments. Aber sie hat auch unter Umständen einen wesentlichen Nachteil, der sehr störend wirken kann. Die Drehkraftlinie nach Abb. 14 zeigt stark ausgeprägt den Charakter einer Sinuslinie, der für die Entstehung von Drehschwingungen in der Wellenleitung günstig ist. Bei der zweiten Anordnung hat die Drehkraftlinie einen unregelmäßigen Verlauf, weil mehrere Sinuslinien sich überlagern. Die Ausbildung von Drehschwingungen wird dadurch erschwert.

Man wird sich also für die eine oder für die andre Kurbelanordnung entscheiden, je nachdem man auf den Massenausgleich oder auf die Drehkraft größeres Gewicht zu legen hat. Beim AEG-Motor ist die Anordnung 1 mit 60° Kurbelfolge anscheinend mit gutem Erfolge gewählt worden. Die Maschine lief im Prüffeld über Erwarten ruhig, und Drehschwingungen von Bedeutung waren nicht nachzuweisen.

Brennstoffverteilung im unteren Verbrennungsraum

Gute Verbrennung und Energieausnutzung bedingen ein möglichst gleichmäßiges Gemisch, und hierfür wieder ist die richtige Verteilung des Brennstoffs im Verbren-

Obere Kolbenseite — Untere Kolbenseite, Brennstoffstrahlen geneigt

Abb. 16 und 17. Ausbildung der Brennstoffstrahlen im oberen und unteren Brennraum.

Abb. 18 und 19
Brennstoffverteilung auf der Zylinderunterseite.

a Brennstoffdruckleitung
b Ueberlaufleitung
c Ueberlaufsammelleitung
d unteres Brennstoffventil
e Brennstoffdruckleitung zu den Verteilern
f Verteiler
g Brennstoffleitungen zu den Einspritzdüsen

nungsraum nicht zu entbehren. Bei luftloser Einspritzung ist die Brennstoffverteilung an sich erschwert. Sie ist bedeutend schwieriger als bei der Einspritzung mit Luft und um so schwieriger, je mehr der Verbrennungsraum von der zylindrischen geschlossenen Form abweicht. Darum gelingt die Brennstoffverteilung in dem Oberraum eines doppeltwirkenden Zylinders noch am ehesten. Dagegen war es bisher immer noch eine ungelöste Aufgabe, den Brennstoff auch im ganzen unteren Verbrennungsraum gut zu verteilen. Die durchgehende Kolbenstange verschlechtert diesen Raum in seiner Form stark, und die Aufgabe entsteht, in diesem Ringraum die Brennstoffstrahlen so zu verteilen, daß sie die Verbrennungsluft gleichmäßig durchdringen, ohne daß dabei die Strahlen auf die kalte Zylinderwand treffen und ohne daß die entstehenden Flammen die Kolbenstange ausgiebig berühren.

Oben genügt eine Brennstoffdüse in der Mitte mit acht Bohrungen, Abb. 16. Dabei wird der Brennstoff in der Art mit der Luft gemischt, daß infolge der mit der AEG-Spülung erzeugten Luftbewegung die Ladeluft sich durch die Brennstoffstrahlen hindurchdreht.

In dem ringförmigen unteren Verbrennungsraum können sich die vorgesehenen zehn Brennstoffstrahlen nicht radial entwickeln. Daher läßt man sie in der Richtung der Luftdrehung tangential geneigt einströmen, Abb. 17.

Abb. 20
Gekühlte Einspritzdüsen auf der Zylinder-Unterseite.

a Brennstoffeintritt
b Brennstoffrohr
c Brennstoffdüse
d dickwandiges Rohr
e ovales Kopfstück
f ovaler Flansch
g Kühlwasserverschraubung
h Verbindungsrohr für Kühlwasser
i Stopfbüchse

Dicht an der Kolbenstange treten die Strahlen ei[n] und spritzen von innen nach außen. Infolgedessen be[-] rühren die Flammen kaum die Kolbenstange. Diese blei[bt] bemerkenswert kalt, sie wird selbst bei Vollast nur han[d-] warm.

Es war bisher üblich, im unteren Brennraum mehrer[e] Brennstoffventile anzuordnen, die häufig Schwierigkeite[n] ergeben haben, da sie nicht gleichmäßig arbeiteten. Schwi[...]

Abb. 21
Einspritzverhältnisse am Brennstoffnocken.

A Beginn der Stempelbewegung
B Beginn des Einspritzens
C Ende des Einspritzens
a Stempelhub
b Länge der Brennstoffstrahlen
c Stempelgeschwindigkeit
d Geschwindigkeit der Strahlenspitze

rigkeiten dieser Art sind schon bei Lufteinspritzung aufgetreten. Wie viel mehr sind sie im luftlosen Betrieb zu erwarten, der in dieser Beziehung viel unangenehmer ist. Hier macht man die unliebsame Erfahrung, daß von mehreren Brennstoffventilen im unteren Raum die einen die ganze Förderung allein übernehmen und die andern vollkommen aussetzen. Beim AEG-Motor hat man die Unterseiten jedes Zylinders mit e i n e m Brennstoffventil versehen und dadurch alle Schwierigkeiten beseitigt. Das Ventil muß somit a u ß e r h a l b des Zylinderdeckels liegen, Abb. 18 bis 19. Die Verteiler sind als einfache Zweigstücke ohne Rückschlagventil ausgeführt. Je zwei Düsenschäfte sind zu einem gemeinsamen Körper vereinigt, Abb. 20. Wesentlich ist, daß die Düsen im Betriebe möglichst kalt bleiben, damit die Mündungen nicht verkoken. Deshalb ist, wie Abb. 20 zeigt, die Kühlung dem heißesten Teile der Düse möglichst nahegerückt.

Einspritzverhältnisse am Brennstoffnocken

Von besonderem wissenschaftlichen und auch praktischen Interesse sind die Vorgänge, die mit dem Einspritzen des Brennstoffes verknüpft sind. Diese Vorgänge sind verschiedener Art. Abb. 21 gewährt einen näheren Einblick in die zeitlichen Verhältnisse während der Brennstoffeinspritzung. Die Kurve *a* stellt die abgewickelte Form des Brennstoffnockens dar, sie ist die Mittelpunktskurve der Rolle und gleichbedeutend mit der Stempelhubkurve.

Als Abszissen sind die Kurbelwinkel vor und nach dem Totpunkt aufgetragen. *A* ist der Punkt, wo die Rolle des Brennstoffpumpenstempels auf den Nocken aufsetzt, nachdem das Rollenspiel *s*, vom Grundkreis der Rolle aus gemessen, durchlaufen ist. Der Punkt *A* liegt 18° vor dem oberen Totpunkt. Im Moment des Auflaufens der Rolle erfolgt aber noch keine Einspritzung, weil das Brennöl in der Brennstoffpumpe und in der Leitung zusammendrückbar ist und daher erst auf den erforderlichen Einspritzdruck von 300 at verdichtet werden muß. Dafür braucht der Pumpenstempel den Weg von *A* bis *B*, den man als „Einspritzverzug" bezeichnet. Dieser Verzugswinkel beträgt nicht weniger als 14°. Der tatsächliche Einspritzvorgang erstreckt sich in diesem Falle über einen weiteren Winkel von 10°. Bei *C* ist also die Einspritzung, die rd. 0,02 s dauert, beendet, das Saugventil der Brennstoffpumpe wird geöffnet und die Brennstofförderung damit eingestellt.

Bei der Strahlzerstäubung kommt auch der S t r a h l t i e f e besondere Bedeutung zu. Es handelt sich dabei um die Frage: wie tief dringt der Brennstoffstrahl während der verfügbaren Einspritzzeit in die hochverdichtete Luft ein? Ohne weiteres ist verständlich, daß hierdurch die Gemischbildung wesentlich beeinflußt wird; denn ein zu kurzer Strahl wird die rechtzeitige Durchmischung von Luft und Brennstoff unmöglich machen. Diese Frage ist der luftlosen Einspritzung eigentümlich. Es bietet unter Umständen erhebliche Schwierigkeiten, den Zylinderdurchmesser oder die Drehzahl oder sogar beides gleichzeitig zu vergrößern. Über die Strahltiefe haben schon früher Dr. R i e h m, Augsburg[3]), und die Amerikaner M i l l e r und B e a r d s l e y Untersuchungen angestellt. Auch die AEG hat diese Frage prüfen müssen, da die Zylinder der Maschine den großen Durchmesser von 700 mm erhalten sollten. Auf der diesjährigen Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure habe ich über die Ergebnisse der AEG-Versuche berichtet[4]).

Abb. 23
Kolbenstange.
a Stahlgußkrümmer für Kühlwasserzu- u. ableitung
b Rohr zur Kühlwasserrückführung

[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 641.

Abb. 22
Arbeitskolben.
a Führungsstück
b Zwischenraum, ausgefüllt durch zweiteilige Schalen
c Stopfbüchsenbrillen
d Kronenmuttern

Aus der kinematographischen Aufnahme des Brennstoffstrahls läßt sich der Weg der Strahlspitze in Abhängigkeit von der Einspritzdauer ermitteln. Die Kurve *b*, Abb. 21, ist auf diese Weise gewonnen. Sie zeigt, daß der Brennstoffstrahl während der Einspritzung einen Weg von rd. 30 cm durchläuft. Das gilt für den nichtbrennenden Strahl, wie er ja bei den Strahlversuchen in einer Einspritzkammer erzeugt wird. Im Motorzylinder aber beginnt der Strahl schon während der Einspritzung zu brennen, und seine Masse wird entsprechend geringer. Daher dürfte in Wirklichkeit der Weg kleiner sein als derjenige bei den Versuchen. Anfangs beträgt die Geschwindigkeit der Strahlspitze (*d*) etwa 180 m/s. Nach 0,001 s sind nur noch 40 m/s vorhanden und am Ende der Einspritzung nicht mehr als 10 m/s. Das Brennen des Strahls setzt in Wirklichkeit auch diese Werte jedenfalls noch weiter herab.

Triebwerk

Abb. 22 zeigt den Arbeitskolben. Dieses wichtigste Element des Triebwerkes verursacht wesentliche konstruktive Schwierigkeiten, von deren brauchbarer Lösung die Betriebsicherheit maßgebend beeinflußt wird. Beim doppeltwirkenden Zweitakt ist die Wärmeentwicklung in der Zeiteinheit und infolge davon auch die Wärmeaufnahme durch den Kolben verhältnismäßig sehr groß. Der Kolben bedarf deshalb wirksamster W a s s e r k ü h l u n g. Ölkühlung, die bei den doppeltwirkenden Viertaktmaschinen von Burmeister & Wain noch brauchbar ist, darf hier nicht mehr verwandt werden. Nun muß ein solcher Kolben notwendig mehrteilig sein, und es entsteht damit die Gefahr der Undichtheit, die bei Wasserkühlung ernste Folgen haben kann.

Durch die Undichtheit wassergekühlter Kolben doppeltwirkender Zweitaktmaschinen sind schon schwere Betriebstörungen auf Motorschiffen hervorgerufen worden. Das Wasser sickert unter Umständen durch die Packungen in den Verbrennungsraum und verursacht starke Beschädigungen der Zylinderlaufbüchse. Die Packungen in den Fugen sind im Wechsel von Betrieb und Stillstand schwer dauernd dicht zu halten.

Diese Schwierigkeit hat man dadurch gelöst, daß man an den durch Undichtheit gefährdeten Stellen nachstellbare Stopfbüchsen angeordnet hat. Diese werden nach dem Ausbau des Kolbens, wo alles bequem zugänglich ist, nachgestellt.

Die obere und die untere Kappe am Kolben, die die Kolbenringe enthalten, sind aus Stahl geschmiedet und mit radialem Spiel ausgeführt, da sie die Laufbüchse nicht berühren dürfen. Der Kolben ist mittels des ungeteilten Mittelstücks *a*, das mit Ringnuten für die Verteilung des Schmieröls versehen ist, im Zylinder geführt. Die Stopfbüchsen zur Abdichtung der beiden unvermeid-

[4]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 37 S. 1281.

lichen Teilfugen im Kolben werden zugänglich, sobald die an den Stellen *b* befindlichen Schalen entfernt sind. Durch Wasserdruckprobe wird der Kolben auf Dichtheit geprüft.

Die Kolbenstange, Abb. 23, ist ein weiteres schwieriges Element des Triebwerks. Sie unterliegt hohen Beanspruchungen auf Zug und Knickung durch die Verbrennungsdrücke. Ihr Material muß neben ausreichender Festigkeit auch eine entsprechende Zähigkeit und nicht zu geringe Oberflächenhärte haben, um einen unnatürlichen Verschleiß in der Kolbenstangenstopfbüchse zu vermeiden. Die Bohrung in der Stange, die das Kühlwasser zum Kolben führt, erschwert die Erfüllung der Festigkeitsforderungen. Mit Rücksicht auf die Knickbeanspruchung ist sie ganz glatt, ohne irgendeinen Absatz, ausgeführt worden. Schwächende Querbohrungen sind im Unterteil der Stange ganz vermieden. Im Oberteil, der aber nicht mehr auf Knickung beansprucht ist, ließen sich zwei Querbohrungen für die Überführung des Kühlwassers in den Kolben nicht umgehen. Sie sind möglichst eng gehalten. Das Kühlwasser wird mittels Posaunenrohre zu- und abgeführt. Die Rohre sind mit dem Stahlgußstück *a* verbunden, das an die untere Stirnfläche der Kolbenstange angeschraubt ist. Das Rückflußrohr in der Kolbenstange besteht aus nichtrostendem Stahl.

Brennstoffreinigung

Bei kompressorlosen Dieselmaschinen können Unreinigkeiten im Brennstoff zu Ventilstörungen in der Brennstoffpumpe und unter Umständen auch zu Anständen in den Brennstoffventilen führen und unangenehme Betriebstörungen verursachen. Der Reinhaltung des Brennstoffs widmet man daher die peinlichste Sorgfalt, wobei aber gewisse konstruktive Schwierigkeiten überwunden werden müssen. Befriedigende Sauberkeit des Brennstoffs erlangt man durch doppeltes Filtern. Zunächst wird das Treiböl durch ein Turbulo-Feinfilter der Deutschen Werft A.-G., Hamburg, geleitet und gleichzeitig erwärmt, um es dünnflüssiger zu machen und damit auch das Filtern zu erleichtern. Seine hintereinander gestellten Kaskaden- und Tuchfilter halten die im Öl vorhandenen Festkörper bereits weitgehend zurück. Für die letzte Reinigung, die volle Sicherheit gegen Störungen gewähren soll, dient dann noch ein Feinfilter, Bauart AEG-Hesselman, Abb. 24 bis 27, das kurz vor der Brennstoffpumpe eingeschaltet ist. Das Wesen dieser Bauart besteht darin, daß der Brennstoff durch sehr schmale Spalten *a* fließen muß. Vier ineinandergesteckte Stahlkörper, die mit Längsrillen versehen sind, passen genau in ihren Bohrungen. Die Längsrillen gehen abwechselnd von unten und von oben aus und reichen nicht über die ganze Länge. So ist der von unten eintretende Brennstoff gezwungen, aus der einen Rille in die Nachbarrille durch die Spalte *a* einzutreten. Die Abmessung dieser Spalte bestimmt somit die Größe der festen Körper, die noch hindurchgehen. Bei genauem Schleifen ist die Spalte nur 0,03 mm weit, und damit ist erreicht, daß größere Schmutzteilchen, als diesem Maß entsprechen, nicht in die Brennstoffpumpen und -ventile gelangen können. Die Brennstoffmenge ist verhältnismäßig groß, und dementsprechend sind auch große Filterquerschnitte erforderlich. Deshalb sind alle vier Filterkörper parallel geschaltet. Das ganze Filter ist aus Stahl, das Filtergehäuse aus Stahl geschweißt. Gußeisen, das trotz aller Reinigung Sandeinschlüsse behält, ist ganz vermieden. Das Filter muß im Betriebe gereinigt werden können. Aus diesem Grunde ist es als Doppelfilter gebaut.

Anpassung an Sonderforderungen des Schiffsbetriebes

Die wichtigste der Sonderforderungen, die der Schiffsbetrieb an die Antriebmaschine stellt, ist die Eignung für das Manövrieren, worunter man die Gesamtheit aller Vorgänge versteht, die sich bei der Abfahrt und der Ankunft oder auch auf der Fahrt beim Geschwindigkeits- und Richtungswechsel abspielen. Betriebsicherheit des Manövrierens ist für die Schiffahrt Lebensbedingung. Sie ist wohl das wesentlichste Kennzeichen für eine brauchbare Schiffsmaschine.

RZ1950Z24÷27

Abb. 24 bis 27
Brennstoff-Feinfilter, Bauart AEG-Hesselman.
a Filterspalt *b* Umschalthähne

In dieser Beziehung nun ist der kompressorlose Be[-]trieb durch einen bedeutsamen Vorteil ausgezeichne[t]. Es fehlt einmal die Einblasluft, die beim Hängenbleibe[n] der Brennstoffnadeln schon oft schwere Zündungen ve[r]ursacht hat. Zweitens ist es möglich, Brennstoff un[d] Anfahrluft bei allen Manövriervorgängen scharf getrenn[t] voneinander zu halten.

Bei der vorliegenden Bauart einer kompressorlose[n] Zweitaktmaschine ist die Gefahr unzulässiger Zündun[-]gen und Drucksteigerungen vollständig ausgeschalte[t]. Denn niemals kann Anfahrluft zusammen mit Brennstof[f] in die Zylinder gelangen. Der Gewinn an Sicherheit, de[r] sich daraus ergibt, kann nicht leicht zu hoch veranschlag[t] werden.

Anfahrluft erhalten nur die Zylinderunterseiten, un[d] zwar durch die Ventile f_1, Abb. 28. Die oberen Zylinder[-]seiten bekommen von Anfang an Brennstoff. Diese Ar[t] des Anlassens gewährleistet ein vollkommen sicheres An[-]springen. Die Anfahrluftventile werden mittels Druck[-]luft betätigt. Hierzu dienen die Steuerschieber b_1, di[e] auf beiden Seiten der Brennstoffpumpen angeordnet sind. Sie empfangen ihre Bewegung beim Anfahren durch die[-]selbe Nockenwelle *f*, die auch die Brennstoffpumpen be[-]tätigt. Die Nockenwelle wird von der Kurbelwelle au[s] durch das Stirnrad *c* angetrieben und hat doppelte Brenn[-]stoffnocken *g* und Anlaßnocken *h*. Die Sicherheit de[s] Anfahrens bedingt, daß die Nockenpaare nicht gleichzei[-]tig, sondern nur nacheinander mit den Rollen der Brenn[-]stoffpumpen a_1 und der Steuerschieber b_1 in Berührung kommen. Dies zu bewirken, ist die Aufgabe der Manöv[-]rierwelle *i*, die vom Preßluft-Servomotor *x* mittels Zahn[-]stange und Zahnrad entsprechend verdreht wird. In de[r]

Manövrierhebel
Brennstoffpumpen
Manövriergestänge
Anfahrluft-Steuerschieber
Antriebzahnrad der Nockenwelle
Entlüftungsleitung zum Schalldämpfer
Kurvenschiene
Steuerluftleitungen zu den Anfahrventilen
Kulissenstein
Steuerzylinder des Anfahrventils
Nockenwelle
Anfahrventil
Brennstoffnocken
Anfahrluft-Steuernocken
Manövrierwelle
Zahnsegmentscheibe
Verriegelungswelle

m Sperrad
n Nockenwelle für Anfahrluft-Zwischenventil
o Anfahrluftflasche
p Handpumpe für Drucköl
q Hauptanfahrluftleitung
r Anfahrluft-Zwischenventil
s Dreiweghahn
t Druckluftleitung zum Druckluft-Servomotor
u Steuerschieber des Bremskolbens
v Bremszylinder
w Steuerschieber des Druckluft-Servomotors
x Druckluft-Servomotor
y Entlüftungsleitung des Druckluft-Servomotors
z Steuerluftleitungen zu dem Anfahrluft-Steuerschieber

Abb. 28
Anordnung der Anfahr- und Umsteuerung.

Stoppstellung befindet sich die Nockenwelle f in solcher Lage, daß die Vorwärts- und Rückwärtsnocken symmetrisch zu den Rollen stehen. Beim Verstellen des Manövrierhebels a aus der Stoppstellung in die erste Vorwärtsstellung, geht die Nockenwelle f sogleich aus der Mittellage in die eine Endlage über, da die Kurvenschiene d und der Kulissenstein e infolge der Bewegung des Druckluftkolbens x die Welle verschieben. Dann senken sich zunächst die Rollen der Anfahrsteuerschieber b_1 auf die Steuernocken h. Die Steuerdruckluft strömt von der Flasche o durch die Leitungen z zu den Gehäusen der Steuerschieber b_1. Sie wird so gesteuert, daß sie durch die Leitungen d_1 im richtigen Arbeitsgang den Steuerzylindern e_1 der Anfahrventile f_1 zugeleitet wird. Darauf öffnen sich die Anfahrventile entsprechend den Stellungen der Arbeitskurbeln, und die Maschine springt an.

Mit der Bewegung des Hauptmanövrierhebels a werden gleichzeitig das Gestänge b und weiter die Steuerschieber w des Druckluft-Servomotors x bewegt. Die Zwischenwelle n dreht sich so, daß die unrunden Scheiben, die sie trägt, das Anfahrluft-Zwischenventil r öffnen und die Anfahrluft aus der Flasche o durch die Leitung q, durch das Ventil r den Steuerzylindern e_1 der Anfahrventile f_1 in den Zylinderdeckeln zuströmt.

Die Umsteuermaschine ist in bekannter Art mit einem Bremszylinder v ausgerüstet, der ihre Bewegung entsprechend dämpft und ein Anfahren und Umsteuern ohne Stöße ermöglicht. Ein Steuerschieber u regelt die Geschwindigkeit des Bremsöles beim Umlauf von der einen auf die andere Seite des Ölkolbens. Zum Umsteuern der Maschine mit der Hand dient eine Handpumpe p, die durch Umlegen des Dreiweghahnes s eingeschaltet wird.

Von der Flasche o wird die Druckluft zum Antrieb des Servomotors x durch die Leitung t dem Steuerschieber w zugeführt. Von diesem führen die Leitungen y zu einem Schalldämpfer, der auch mit den Leitungen c_1 verbunden ist, die die Steuerluftleitungen d_1 beim Übergang von Anfahrluft auf Brennstoff entlüften.

Im ganzen ist die Steuerung so eingerichtet, daß beim Bewegen des Hauptmanövrierhebels a aus der Ruhestellung in die Stellung 1 zunächst nur Anfahrluft unten in die Zylinder eingelassen wird. Beim Verlegen des Hebels von 1 nach 2 bleibt die Anfahrluft auf die Zylinderunterseiten eingeschaltet, und die Zylinderoberseiten werden gleichzeitig mit Brennstoff beaufschlagt. Wird endlich der Hauptmanövrierhebel in die Stellung 3 gebracht, so wird die Anfahrluft abgesperrt, die Leitungen werden entlüftet und die Zylinderunterseiten gleichfalls auf Brennstoff geschaltet.

Der Maschinist kann die Bewegung des Servomotors mittels einer Zeigervorrichtung überwachen, die in Abb. 28 links neben dem Zahnrad c angedeutet ist. Auf einer mit Teilstrichen versehenen Scheibe sind zwei Zeiger übereinander angeordnet. Nach Art der Uhrzeiger ist der kleinere, untere Zeiger auf einer Hohlwelle, der größere, obere auf einer in der Hohlwelle gelagerten Vollwelle befestigt. Der kleine Zeiger ist mit dem Hauptmanövrierhebel a unmittelbar gekuppelt. Der größere Zeiger zeigt die Stellung der Manövrierwelle i an und somit die des Servomotors x und des Bremskolbens v. Ein Blick auf die Zeiger während des Manövrierens erlaubt dem Maschinisten, sich von der richtigen Wirkung der Umsteuerung zu überzeugen.

Um eine vorzeitige Verlegung des Manövrierhebels von der einen zur folgenden Stellung zu verhüten, ist eine Verriegelung vorgesehen. Die Vorrichtung besteht aus je zwei Kurvenschienen, aus Riegeln, die durch die Kurvenschienen verschoben werden, und aus Zahnsegmenten k, die auf der Welle l aufgekeilt sind. Mit dem Umlegen des Handhebels a bewegt der Maschinist unter Vermittlung einer Zahnsegmentscheibe, zugleich absatzweise die Welle l. Erst wenn die Kolbenstange des Servomotors x oder des Ölbremszylinders v der Bewegung des Manövrierhebels gefolgt ist, kann dieser weitergelegt werden. Denn vorher ist der Riegel noch nicht

so weit zurückgezogen, wie notwendig ist, um das Zahnsegment *k* für die Fortbewegung des Handhebels *a* freizugeben.

Das Sperrad *m*, Abb. 28, hat den Zweck, die Kolben von *x* und *v* in ihrer oberen Totlage, der Rückwärtsstellung, festzuhalten und sie bei längerer Rückwärtsfahrt am Herabsinken durch ihr Eigengewicht zu hindern. Die Sperrklinke wird erst beim Bewegen des Handhebels *a* wieder aus dem Sperrad *m* entfernt.

Abb. 29 und 30
Regelung der Maschine.

a Saugventile der Brennstoffpumpe
b Druckschraube
c Wipphebel
d Stange zum Bewegen d[es] Wipphebels
e Exzenterwelle
f Reglergestänge
g Hebel
h Hebelwelle
i Zugfeder
k Regler
l Brennstoff-Reglerhebel
m Klauenkupplungen

Zu Abb. 31

a Drehzahl (Schiffsleistungskurve)
b indizierte Leistung in PS
c Brennstoffverbrauch in kg/h
d Brennstoffverbrauch, bezogen auf die Nutzarbeit, in g/PSh
e mechanischer Wirkungsgrad
f Abgastemperatur

Abb. 31
Schaulinien der Versuchsergebnisse des 4500 PS-Dieselmotors.

Auch die **R e g e l u n g** ist im Schiffsbetriebe etwas Be[-]sonderes. Ohne Einblasluft ist sie einfacher als mit Ein[-]blasluft, und die Vorteile der kompressorlosen Betriebs[-]weise werden dadurch noch vermehrt. Grundsätzlic[h] muß man bei der Schiffsmaschine zwei voneinander unab[-]hängige Regelungen fordern. Erstens ist eine Handrege[-]lung notwendig: der Maschinist muß Brennstoffmeng[e,] Leistung und Drehzahl mit der Hand verändern können. Da[s] ist die gleiche Forderung, die bei allen Fahrzeugmaschi[-]nen auftritt. Zweitens ist eine selbsttätige Regelun[g] unentbehrlich, die im Falle der Überschreitung der zu[-]lässigen Drehzahl Brennstoffmenge, Drehzahl und Lei[-]stung ohne menschliches Zutun verstellt. Dies ist di[e] Aufgabe der **S i c h e r h e i t s r e g e l u n g**, Abb. 29 und 3[0]. Es ist der bekannte Weg beschritten worden, mittels de[r] Regelung das Saugventil *a* früher oder später zu öffne[n]. Zu dem Zwecke ist der Hebel *c* in der Mitte exzentrisc[h]

Zahlentafel 1
Versuchsergebnisse einer doppeltwirkenden kompressorlosen AEG-Schiffsölmaschine von 4500 PS Nutzleistung.

Tag der Erprobung: 10. Juli 1928
Barometerstand: 764,8 mm Q.-S.
Raumtemperatur: 20 bis 23°
Brennstoff: Miri-(Borneo-)Öl, H_u = 9650 kcal/kg

Enddruck der Verdichtung bei Vollast 29 at
Höchster Verbrennungsdruck bei Vollast 46 at
Einspritzbeginn vor Totlage 4 bis 5°
Schmierölverbrauch, bez. auf Nutzarbeit, 0,8 g/PSh

Versuch Nr.	Zeit	Last	Drehzahl	Nutzleistung	Indiz. Leistung	Mech. Wirkungsgrad	Mittlerer Kolbenüberdruck			Brennstoffverbrauch ohne Gebläse		Spülluft				Abgase	
							nutzbar	indiziert oben	indiziert unten		bez. auf Nutzarb.	Gebläse	Leistungsaufw.	im Sammelrohr Druck	im Sammelrohr Temp.	Temp.	Aussehen
			U/min	PS	PS	vH	at	at	at	kg/h	g/PSh	U/min	kW	mm W.-S.	°C	°C	
1	12 bis 17^{45}	1/1	90	4500	4970	90,6	4,31	4,72	4,79	769	170,5	1650	180,5	780	31	185	rein
2	18 „ 18^{45}	11/10	93	4960	5496	90,3	4,60	5,01	5,18	876	176,5	1720	200	850	32	205	sichtbar
3	19 „ 19^{30}	3/4	80	3160	3551	89,0	3,41	3,52	4,16	534	169	1640	176	740	30	128	rein
4	19^{45} „ 20^{15}	1/2	70	2130	2468	86,3	2,63	2,61	3,53	373	175	1660	189,5	720	29,4	93	rein
5	20^{30} „ 21	1/4	56	1082	1376	78,8	1,67	1,90	2,35	216	200	1650	180,5	670	—	68	schwach sichtbar

Abb. 32 bis 41
Indikatordiagramme von Zylinder 4.
Leistung und Drehzahl wie in Zahlentafel 1
Maßstab 1 kg/cm² = 0,4 mm

Abb. 42
Ermittelung des Brennstoffverbrauches der Gebläsehilfsmaschine.

gelagert und trägt an dem einen Ende die Druckschraube *b*, die auf das Saugventil *a* einwirkt. Die zeitliche Dauer dieser Einwirkung kann durch Verdrehen der Exzenterwelle *e* beeinflußt werden. Der Hebel *c* erhält, wie üblich, eine schwingende Bewegung, die von der Brennstoffpumpe abgeleitet wird.

Die Welle *h*, der Hebel *g* und die Stange *f* verdrehen die Exzenterwelle *e*. Dabei zieht die Zugfeder *i* dieses Gestänge stets in Vollaststellung, während der Regler *k* oder der Brennstoff-Regelhebel *l*, der von Hand bedient wird, der Federspannung entgegenwirkt und die Exzenterwelle in die Leerlaufstellung zu drehen sucht.

Wesentlich ist nun, daß der Regler und der Brennstoff-Reglerhebel die Welle *h* unabhängig voneinander beeinflussen können. Zu dem Zweck sind Regler und Reglerhebel mittels einer Klauenkupplung *m* mit der Reglerwelle *h* verbunden. Diese beweglichen Kupplungen gestatten dem Maschinisten, durch den Reglerhebel die Welle *h*, unabhängig vom Regler, mit der Hand zu verdrehen. Bei Überschreitung der zulässigen Drehzahl wirkt ebenso der Regler unabhängig von der Stellung des Reglerhebels. Er kann die Exzenterwelle *e* in die Leerlaufstellung drücken und damit die Drehzahl der Maschine wieder vermindern.

Versuchsergebnisse auf dem Prüfstand

Die Zahlentafeln 1 bis 4 geben eine Übersicht über die Untersuchungen, und in Abb. 31 sind die wichtigsten Meßergebnisse der Zahlentafel 1 in Kurven aufgetragen. Die Kurven *c* und *d* für den Brennstoffverbrauch sind o h n e Gebläse ermittelt und bezogen auf den unteren Heizwert des Brennstoffes von 9650 kcal/kg. Die Auspufftemperaturen sind ungewöhnlich niedrig. Die Ursache liegt in dem außerordentlich großen Luftüberschuß, der rund das Doppelte des Hubvolumens der Arbeitszylinder beträgt. Verbrennungstechnisch wäre dieser große Überschuß nicht notwendig, das haben frühere Versuche an einer Einzylinder-Versuchsmaschine bewiesen, wobei das 1,5-fache des Hubvolumens ausreichte. Bei der ausgeführten Maschine lieferte das Turbogebläse eine so große Luftmenge, weil der Widerstand der sehr weiten Auspuffleitung besonders gering war.

Der mechanische Wirkungsgrad ist recht hoch, er erreicht mit 90,6 vH den von Dampfkolbenmaschinen.

Abb. 32 bis 41 zeigen Indikatordiagramme, die an dem Zylinder 4 auf beiden Kolbenseiten bei verschiedenen Belastungen aufgenommen worden sind.

Eine W ä r m e b i l a n z für Vollast nach Versuch 1 ist in der Zahlentafel 2 aufgestellt. Der Brennstoffverbrauch des Gebläses ist darin nicht berücksichtigt.

In der Zahlentafel 3 ist eine Berechnung des Wärmeinhalts der Abgase angegeben. Bekanntlich pflegt man die Abgaswärme als Unterschied zwischen der zugeführten Wärme und der Summe von Nutzarbeits- und Kühlwasserwärme zu ermitteln. Das Abgasgewicht betrug 68 200 kg/h. Diese Zahl konnte einmal aus der Abgasanalyse und der Zusammensetzung des Brennstoffs und zweitens auch aus der gemessenen Charakteristik des Gebläses errechnet werden. Beide Rechnungen ergaben fast genau den angegebenen Wert.

Zahlentafel 2
W ä r m e b i l a n z b e i V o l l a s t, V e r s u c h N r. 1
(Brennstoffverbrauch des Gebläses nicht berücksichtigt)

Brennstoffverbrauch	767 kg/h
Unterer Heizwert des Brennstoffs	9650 kcal/kg
Kühlwassermenge der Zylinder und Zylinderdeckel	53,8 m³/h
Temperaturzunahme des Zylinderkühlwassers	28,8 °
Kühlwassermenge der Arbeitskolben	26,2 m³/h
Temperaturzunahme des Kolbenkühlwassers	24,6 °
Kühlwasser im oberen Zylinderdeckel	70 l
„ „ unteren „	55 „
„ um die obere Laufbüchse	70 „
„ „ „ untere „	75 „
„ im Zylindermittelstück	200 „
Meßzeit	60 min
Kühlwassertemperatur vor Eintritt in die Zylinder	19 °
Kühlwassertemperatur beim Austritt aus den Zylindern	47,8 °
Kühlwasser im Kolben (einschl. Stange)	100 l
Meßzeit	60 min
Kühlwassertemperatur vor Eintritt in die Kolben	19 °
Kühlwassertemperatur beim Austritt aus den Kolben	43,6 °
Im Brennstoff stündlich zugeführte Wärme $767 \cdot 9650 = 7400 \cdot 10^3$ kcal/h	100 vH
In Nutzarbeit umgesetzte Wärme $632 \cdot 4500 = 2840 \cdot 10^3$ kcal/h	38,4 „
Im Kühlwasser abgeführte Wärme 10^3 $(53,8 \cdot 28,8 + 26,2 \cdot 24,6) = 2195 \cdot 10^3$ kcal/h	29,6 „
In den Abgasen abgeführte Wärme + Restglied	32,0 „

Zahlentafel 3
Wärmeinhalt der Abgase

Abgasgewicht	68 200 kg/h
Anfangstemperatur der Luft (im Spülluftbehälter)	31 °
Abgastemperatur	185 „
Erwärmung	154 „
Spezifische Wärme	0,238 kcal/kg
Wärmeaufnahme von 1 kg	36,7 kcal
„ „ 68 200 kg/h	2500 · 10³ kcal
„ „ 68 200 in vH	33,8 vH
Gehalt an CO_2	2,4 „
„ „ O_2	17,7 „
„ „ CO	0 „
„ „ N_2	79,9 „

Die Wärmeaufnahme für 1 kg Abgas beträgt annähernd 0,238 (185 — 31) = 36,7 kcal, und die gesamte Wärmeaufnahme der angeführten Abgasmenge stellt sich auf 2500 · 10³ kcal/h. Dies entspricht 33,8 vH der im Brennstoff stündlich zugeführten Wärme. In Zahlentafel 2 ist der erwähnte Wärmerest, der der Abgaswärme entspricht, zu 32 vH ermittelt. Die Übereinstimmung zwischen diesem und dem berechneten Wert ist also ganz befriedigend.

Nunmehr bleibt noch der Brennstoffverbrauch der Maschine mit Gebläse zu ermitteln. Hierbei ist der Brennstoffverbrauch zu berücksichtigen, welchen die den Strom für das elektrisch angetriebene Turbogebläse erzeugenden Hilfsdieselmotoren haben würden, wenn sie nur die Gebläse anzutreiben hätten. In Abb. 42 ist dieser Verbrauch durch Interpolation bestimmt worden. Aus besonders ausgeführten Messungen waren die Brennstoffverbrauchzahlen für die Hilfsdieseldynamo bei verschiedenen Leistungen an den Klemmen der Dynamo bekannt. Die zugehörigen Punkte sind in Abb. 42 durch

Zahlentafel 4
Brennstoffverbrauch einschl. Gebläse bei Vollast: 4500 PS$_e$, $n = 90$

Brennstoff: Miri-(Borneo-)Öl	
Kohlenstoff	87,7 vH
Wasserstoff	11,5 „
Schwefel	0,34 „
Sauerstoff, Stickstoff	0,4 „
Hartasphalt	0,12 „
Wasser	0 „
Asche	0,005 „
Raumgewicht bei 15 °C	0,92 kg/l
Flammpunkt	100 °
Zündpunkt	279 °
Zähigkeit bei 20 °	2,02 ° Engle
„ „ 75 °	1,09 ° „
Oberer Heizwert	10 270 kcal/kg
Unterer Heizwert	9 650 „
Verbrauch der Hauptmaschine	767 kg/h
„ „ Gebläsehilfsmaschine	47 „
Gesamtverbrauch	814 „
Verbrauch, bezogen auf Nutzarbeit, bei H_u = 9650	181 g/PSh
oder bei H_u 10 000 kcal/kg	174,6 „

Kreise angedeutet. Aus Zahlentafel 1, Versuch 1, ste auch der Leistungsaufwand des Gebläses an den Klemm des Elektromotors mit 180,5 kW fest. Diesem Wert a Abszisse entspricht in Abb. 42 ein Brennstoffverbrau von 47 kg/h für die Dieseldynamo.

In Zahlentafel 4 ist der Gesamtbrennstoffverbrau für die Maschine mit Gebläse bei Vollast zusammengeste und daraus der spezifische Verbrauch ermittelt. Der Ve brauch bezieht sich zunächst auf das benutzte Borneo-((Miri-Öl). Gewährleistet war ein auf die Nutzarbeit b zogener Brennstoffverbrauch von 170 g/PSh ohne Geblä mit 5 vH Spielraum bei einem Heizwert von 10 000 kcal/k

[B 1950]

Abdampfturbinenanlage mit elastischer Kupplung

Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz), haben eine Abdampfturbinenanlage entworfen, die sich in vielen Einzelheiten von den Bauarten Bauer-Wach und Parsons unterscheidet. Auch Brown, Boveri & Cie. haben auf eine Abschaltbarkeit der Turbinen verzichtet. Die Abdampfturbine ist mit der Kolbenmaschine mittels einer elastischen Kupplung, die sich auf elektrisch angetriebenen Lokomotiven bestens bewährt hat, verbunden. Sie dient zum Ausgleich der Ungleichförmigkeiten des Drehmomentes der Kolbenmaschine und hat eine besondere Dämpfeinrichtung, so daß keine Schwingungen in ihr auftreten können. Zwischen der Kolbenmaschine und der Turbine ist ein doppeltes Übersetzungsgetriebe eingeschaltet. Die Hohlwelle des großen Zahnrades ist auf der Hauptwelle der Kolbenmaschine gelagert, und die elastische Kupplung verbindet diese beiden Wellen. Das Getriebe hat nach einigen veröffentlichten Plänen ein gesamtes Übersetzungsverhältnis von rd. 1 : 45. Die Turbine selbst wird gleichzeitig mit der Kolbendampfmaschine umgesteuert, weshalb eine Rückwärtsstufe vorgesehen ist, die beim Umsteuern Frischdampf erhält. Beim Anfahren wird den Vorwärtsstufen der Turbine, um die Maschine schnell in Gang zu bringen, gleichfalls Frischdampf zugeführt. Die Maschine wird beim Manövrieren mittels eines Hebels umgesteuert, wobei gleichzeitig der einseitige Öldruck auf die Dampfventile der Turbine und der Kolbenmaschine, der diese Ventile geöffnet oder geschlossen hält, fortgenommen wird, so daß der auf der andern Seite wirkende Federdruck die Ventile betätigen kann. Die Umsteuerung ist so in sich verblockt, daß die Reihenfolge der Umsteuerung der einzelnen Teile zwangläufig innegehalten wird.

Die Erbauerin hält die elastische Kupplung für b triebsicherer als das Loskuppeln beim Umsteuern, weil d festangeschlossene Turbine beim Versagen der Umsteu rung nicht durchgehen kann. Ferner fallen die Verlus der hydraulischen Kupplung von 3 bis 4 vH der zu übe tragenden Leistung oder mehr als 1 vH der Gesamtleistun fort, und wegen des Fortfalles der hydraulischen Kupplun und ihres Zubehörs soll die Anlage nach der neuen Baua auch billiger herzustellen sein. Diese Anlage kann sowo auf neuen Schiffen wie auch bei schon vorhandenen Schiffe eingebaut werden. („The Shipbuilder" Bd. 35 (1928) Nr. 21 S. 644) [N 2274] C.

Berichtigungen

Dampftechnik

In Z. Bd. 72 (1928) Nr. 43 S. 1549 1. Sp. Z. 14 v. u muß es heißen: „In diesen Fällen wird die Höchstkonzen tration des Abdampfrückstandes von 3 bis 5 g/l etwas frühe erreicht (etwa 1 Tag); trotzdem ist auch hier das Ab schlämmen der Kessel während des Betriebsabschnitte nicht unbedingt erforderlich. [N 2240]

Entwicklungstendenzen im Landmaschinenbau

In Z. Bd. 72 (1928) Nr. 41 S. 1444 muß die Unterschrif unter Abb. 2 statt „Benz-Dieselmotor, auch in Seilpflüge de Auslandes eingebaut" lauten: „MAN-Dieselmotor auch in Fowlersche Seilpflüge eingebaut" [N 2275]

Donau-Radschleppdampfer „Österreich"

Von Schiffbau-Ing. Albert Urban † und Dipl.-Ing. Rudolf Blandl, Wien[1])

Die Kataraktenstrecke der Donau am „Eisernen Tor" bildet trotz der in den Jahren 1890/98 durchgeführten Regulierung ein beträchtliches Schiffahrtshindernis. Die Erste Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft hat zum Zwecke der Leistungssteigerung und um sich von der Hilfeleistung durch das von der Internationalen Donaukommission beigestellte Seilschiff unabhängig zu machen, den bisher stärksten Donau-Radschlepper „Österreich" mit 2500 PS höchster indizierter Leistung Ende vorigen Jahres in Dienst gestellt. Die zu überwindenden schiffahrtlichen Schwierigkeiten werden im Vergleich zum Rhein geschildert, die Einzelheiten des Dampfers beschrieben.

Schleppdampfer „Österreich".

Stromverhältnisse auf der Donau

Der Dampfer „Österreich" ist der erste Schlepper, den die Erste Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft ausschließlich für den Schleppdienst auf der Kataraktenstrecke des Eisernen Tores gebaut hat.

Die in den Jahren 1890 bis 1898 durchgeführte Regulierung der insgesamt 119 km langen Kataraktenstrecke O-Moldova–Turn Severin[1a]) brachte eine unzulängliche Verbesserung des Schiffahrtsweges gegen die Zeit vor der Regulierung. Zum Beseitigen der Hemmnisse wurden Kanäle ausgesprengt und anschließend Leitdämme gebaut. Im eigentlichen „Eisernen Tor" zwischen Orsova (Vodica) und Guravoj wurde auf dem rechten Ufer ein Kanal von 1720 m Länge bei 3 m Wassertiefe geschaffen. Die für die gesamten Stromschnellen geplante Mindestfahrtiefe von 2 m wurde jedoch nicht erreicht, da in den nicht regulierten Teilen der Strecke außerhalb der Kanäle Untiefen auftreten, die bei Niedrigwasser 1 m und weniger Fahrtiefe aufweisen.

Die Stromgeschwindigkeiten im Kanal des Eisernen Tores schwanken zwischen 3,5 bis 5,5 m/s. In Abb. 1 sind die

Abb. 1. Stromgeschwindigkeit im Kanal des Eisernen Tores und am Greben.

[1]) Unter Mitwirkung von Ing. Wilh. Hollitscher, Techn. Direktor der Ersten Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft, Wien.

[1a]) Z. Bd. 39 (1895) S. 93, Bd. 40 (1896) S. 1162, Bd. 59 (1915) S. 947.

Abb. 2 und 3
Stromgeschwindigkeit und Wassertiefen von Donau und Rhein.

Abb. 4 und 5. Linienplan.

Länge zwischen den Loten	70,20 m	Konstruktionstiefgang	1,28 m
Breite auf Spanten	9,00 „	Seitenhöhe	3,10 „

Stromgeschwindigkeiten im Kanal des Eisernen Tores und in der oberhalb Orsova vorhandenen Stromschnelle „Greben“, in Abb. 2 und 3 ein Vergleich der Stromgeschwindigkeiten und Wassertiefen bei niedrigsten Wasserständen zwischen den Schiffahrtswegen des Rheines und der Donau dargestellt. Es ist ohne weiteres zu ersehen, unter wieviel ungünstigeren Verhältnissen der Betrieb der Donauschiffahrt im allgemeinen arbeitet, als der des Rheines, daß aber die Strecke der Stromschnellen im besonderen noch immer ein Schiffahrthindernis bildet, das eine Steigerung des Verkehres über durchschnittlich 6000 t/24 h nicht ermöglicht. Die im Jahre 1917 im Auftrag der deutschen Zentral-Transportleitung erbaute Dampftreidelbahn hatte die Förderung in den Sommermonaten bis zu 20 000 t/24 h gesteigert. Die nach Kriegsende außer Betrieb gesetzte Anlage soll wieder instandgesetzt und in absehbarer Zeit in Betrieb genommen werden.

Betriebverhältnisse

Zur Zeit haben die größeren Schiffahrtsgesellschaften für den Verkehr in der Bergrichtung Schleppdampfer eingestellt, die in Freifahrt einen beladenen Donau-Normalkahn in rd. 50 min durch den Kanal schleppen können. Die Raddampfer der unteren Donau führen ihren Anhang bis Guravoj. Von hier werden die Warenboote einzeln bis Vodica (unterhalb Orsova) 9 km geschleppt, von wo der gesammelte Anhang durch Radschlepper der oberen Strecke weiterbefördert wird.

Die schwächeren Schleppdampfer und Motorfrachtschiffe, aber auch die starken Schlepper bei einem Anhang mit tief getauchten Warenbooten und bei hohem Wasserstand erhalten ein im Betrieb der Internationalen Donaukommission stehendes seinerzeit von der ungarischen Regierung gebautes Seilschiff als Vorspann.

Die frei fahrenden Schiffe benutzen bei eine Wasserstand über 3,50 m am Pegel Orsova den alten We der nichtregulierten Torstrecke, da bei diesem Wasserstan genügend Wassertiefe vorhanden ist und hier eine do pelte Schleppleistung gegenüber dem Kanal am Eiserne Tor erzielt werden kann.

Bisher besorgten den Kataraktendienst der Erste Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft, Wien, vier Schlep dampfer gleicher Bauart mit Dreifach-Expansionsmasch nen von im Mittel $N_i = 1000$ PS, höchstens 1300 PS. Dies Dampfer können im Torkanal höchstens ein Warenbo mit 530 t schleppen, während der Dampfer „Österreich zwei Warenboote der Normalgröße mit je 600 t, zusamme 1200 t durch den Torkanal schleppt.

Der Schleppdampfer „Österreich“, im November 19 in Betrieb genommen, wurde auf der Schiffswerft de Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft, Budapest, unter Le tung des Direktors Schulze nach den Konstruktion plänen der Verfasser erbaut.

Konstruktion und Einteilung des Schiffes

Die Hauptabmessungen betragen:

Länge zwischen den Steven	70,2
Breite am Hauptspant	9
Größte Breite über Radkasten und Streifhölzer	21,5
Seitenhöhe in der Mitte	3,1
Tiefgang, vollkommen ausgerüstet mit 80 t Kohle	1,32
Höchster Festpunkt über der Kiellinie	6,63

Die Form des Schiffskörpers ist aus dem Linienri Abb. 4 und 5, ersichtlich. Die Bemessung der einzelnen Ba teile zeigt Abb. 6. Aus Längsschnitt und Deckpläne Abb. 7 bis 10, geht die Raumeinteilung hervor. De Raum unter Deck ist durch acht wasserdichte Schotte i neun Abteilungen so unterteilt, daß das Schiff bei Vol laufen einer Abteilung noch schwimmfähig bleibt.

Abb. 6. Hauptspant.

Hauptkonstruktionszahlen:

auge zwischen den Loten . . . . . . 70,2 m
reite auf Spanten . . . . 9,0 „
reite über Streifhölzer . . . . 21,5 „
öhe an der Seite . . . . 3,1 „
iefgang mit 80 t Kohle . . . . 1,325 „
öchster Festpunkt vom Schiffsboden 6,63 „
erbundmaschine von N_i = 1800 PS, 855 und 1455 mm Zyl.-Dmr. und 1750 mm Kolbenhub
Schiffskessel mit je 160 m² wasserbenetzter und 148 m² feuerberührter Oberfläche
esselüberdruck . . . . 11,5 at

a Kommandobrücke
b Steuerhaus
c Abort
d Küchenvorräte
e Küche
f 1. Kapitän
g Bad
h 1. Maschinist
i Vorräte
k 10 Heizer
l 6 Matrosen
m Vorraum
n Bootsmann

Abb. 7 bis 10. Schleppdampfer „Österreich“.

o 4 Schlepplotsen
p 3 Steuermatrosen
q Kohlenbunker
r 2 Zollbeamte
s 3 Mann Küchenpersonal
t Maschinenwärter
u 2. Maschinist
v 2. Kapitän
w Wohnraum
x Reservekammer
y Lampenraum
z Kettenkasten

Die Wohn- und Diensträume unter Deck werden uittels Kohlenöfen geheizt. Die Kabinen auf Deck sowie ie Bäder haben Dampfheizung. Die Baderäume sind je uit einer Badewanne und einem Waschbecken, mit Kalt- nd Warmwasseranschlüssen ausgestattet.

Auf Deck befindet sich vorn der Schlangenkopf mit iner Rolle zur Führung der Ankerkette. Das Gewicht es Hauptankers beträgt 815 kg, außerdem ist noch ein .nker von 670 kg als Reserve vorgesehen. Der Anker ird durch eine Dampfankerwinde mit zwei Kettennüssen ir die Haupt- und Hirnkette aufgeholt. Die Schleppvor- ichtung besteht aus dem kräftigen Schleppbock, zwei ollenseilbremsen und zwei mittels einer Zwillingsdampf- naschine angetriebenen Seileinholwinden, deren jede für ich ein- und ausschaltbar ist. Die Schleppseile führen ber die zum Schutz des Achterschiffes angebrachten eilbogen und die Führungsrollen am Schleppbock zu en Seilbremsen und zu den Seileinholwinden.

Für Vorschiff und Kommandobrücke sind abnehmbare onnensegel vorgesehen. Für Nachtfahrt sind an Steuer- nd Backbordseite Scheinwerfer angeordnet, die vom teuerhaus aus bedient werden. Zwei Rettungsboote sind uf dem Vorschiff untergebracht. Für Bergungszwecke und um Lenzen des Schleppers im Falle einer Havarie dient in Dampfstrahl-Bergungsejektor für 120 m³/h. Die zu- ehörige 40 m lange Saugrohrleitung wird aus Rohr- tücken von 2 bis 3 m Länge und aus zwei armierten ummischläuchen zusammengesetzt.

Steuerleitung

Die Steuerleitung ist wegen größerer Betriebsicherheit und der geringen Instandhaltungskosten als Wellenleitung ausgebildet. Diese liegt mittschiffs auf Deck und besteht aus mehreren Teilen, die durch Kreuzgelenk- und Dehnungskupplungen miteinander verbunden sind. Die Drehbewegung wird mittels einer Kegelradübersetzung von 1 : 10 übertragen, wobei das große wagerechte Kegelrad mittels eines Schleifklotzes die Ruderpinne bewegt.

Rudermaschine

In die Zwillings-Dampfrudermaschine, die an der hinteren Wand des Maschinenaufbaues angebracht ist. Abb. 11 bis 13, ist ein Planeten-Kegelradgetriebe eingebaut. Von den zwei seitlichen Kegelrädern, die lose auf der Antriebwelle sitzen, ist das eine mit dem Schneckenrad der Rudermaschine, das andre mit dem Handsteuer durch ein zweites Kegelradpaar in Verbindung. Die mittleren Planetenräder sind auf einem Querbalken gelagert, die auf die Steuerwelle fest aufgekeilt ist. Wird eines der beiden seitlichen Kegelräder festgehalten, das andre aber gedreht, so wälzen sich die Planetenräder auf dem festgehaltenen Kegelrad ab und nehmen den Querbalken und dadurch auch die Antriebwelle mit. Bei dieser Konstruktion kann der Steuermann nur durch Betätigung einer Klinke sofort und in jeder Ruderlage von Dampf- auf Handsteuerung übergehen.

Abb. 14 bis 17
Hauptmaschine.

Abb. 11 und 12
Dampfrudermaschine.

Der HD-Zylinder hat einen, der ND-Zylinder zwei Tricksche Kolbenschieber. Der Hochdruckschieber ist mit innerer Einströmung, die Joysche Umsteuerung mit äußerer Einströmung konstruiert. Zwischen Hochdruck-Schieberstange und Schieberzugstange ist eine Hebelübersetzung eingebaut, wodurch die Schieberbewegung um 180° versetzt wird. Diese Konstruktion ermöglichte, das Schiebergehäuse knapp an den HD-Zylinder zu rücken, so daß die Dampfwege verkürzt und die schädlichen Räume in den Kanälen wesentlich verringert wurden. Bei dem Niederdruckzylinder wurden zwei Kolbenschieber eingebaut, da ein einziger Flachschieber zu groß ausgefallen wäre. Die Joysche Steuerung mit Schleifbogen ermöglicht die Veränderung des Füllungsgrades bis 75 vH sowohl für Vorwärts- als auch für Rückwärtsfahrt.

Zur Umsteuerung der Hauptmaschine dient eine zweizylindrige Rundlauf-Umsteuermaschine mit Schnek-

Hauptmaschine

Die Hauptmaschine ist eine schrägliegende Verbund-Radschiffsmaschine mit Einspritzkondensation, Abb. 14 bis 17, deren Einströmung im HD-Zylinder von 32 bis 75 vH verändert werden kann; demgemäß beträgt die indizierte Leistung 1200 bis 2500 PS. Die Hauptabmessungen der Maschine sind:

HD-Zylinder-Dmr.	855 mm
ND-Zylinder-Dmr.	1455 „
Gemeinsamer Kolbenhub	1750 „

M.=1:40

a = Umschaltklinke

b = Dampfeinströmung

c = Dampfausströmung

Abb. 13
Anordnung der Dampf- und Handrudermaschine.

Abb. 18 und 19
Bedienungsstand.

Abb. 20 und 21. Schaufelrad. Gewicht zweier vollständiger Räder: 29 543,3 kg.

kenradübersetzung. An der Umsteuerwelle, welche die Schleifbogen hält, ist in der Mitte der Umsteuerungshebel angebracht. Die Umsteuermaschine ist ebenso wie der Bedienungsstand, Abb. 18 und 19, an der Hochdruckseite zwischen Zylinder und Wellenleitung angeordnet. Dies hat den Vorteil, daß der Maschinist nicht der Ausstrahlung des Hochdruckzylinders ausgesetzt ist und eine bessere Übersicht über die ganze Maschinenanlage hat.

Die doppelte stehende Luftpumpe ist in dem gußeisernen Kondensator eingebaut und wird unmittelbar von der Maschinenwelle mittels Exzenter und Schwinghebel angetrieben. Die beiden Speisepumpen, die Reserve-Speisepumpe und die Lenzpumpe werden in gleicher Weise von der Kurbelwelle angetrieben.

Die zweifach gekröpfte Kurbelwelle mit Kurbeln unter 90° ist durch Scheibenkupplungen mit den Radwellen fest verbunden. Die Schaufelräder, Abb. 20 und 2 mit einem Durchmesser in den Drehpunkten v 3500 mm und je sieben gekrümmten Schaufeln aus S mens-Martin-Stahl, sind ihrer Breite wegen mit geteilt Schaufeln 2 × 2650 mm, Höhe 900 mm, ausgeführt. A Teile, wie Rad- und Exzenterbolzen, Schaufelträg Strahleisen sind nach Din-Normen austauschbar g fertigt. Der Zusammenbau in der Werkstätte wird sorgfältig durchgeführt, daß im Fall einer Radhava der Ersatz durch Bord-Ersatzteile in kürzester Zeit vo Bordpersonal ohne Nacharbeiten möglich ist.

Hilfsmaschinen

Eine Worthington-Dampfpumpe für Kesselspeis Feuerlösch- und Lenzzwecke, eine Kesselfüll-Handpump sowie ein Hilfskondensator für die Hilfsmaschinen si

Zahlentafel 1. Probefahrt mit R.-D. „Österreich“

Zurückgelegte Strecke	Wasserstand in m	Witterung	Anhang: Ladung t	Fahrzeit h	Geschwindigkeit des Schleppzuges km/h	Leistung der Maschine: Kessel-Überdruck at	Füllung im HD-Zyl. vH	Unterdruck cm Q.-S.	Drehzahl U/min	Indizierte Leistung PS	Brennstoff
Budapest–Szob 54 km	1,37	Heiter	12 Kähne 4139,5	10 h	5,41	Betr. Druck 11,5 11,5	40	65 bis 68	30,1	1303	Pécser Staubkohle mit 23 vH Rückständen
Szob–Esztergom¹)											
Esztergom–Gönyü	1,62 fallend	Heiter		13 h 35 m	5,3	10,9	40	65 bis 68	30,6	1316	
Gönyü–Remete (35 km)			Fünf Kähne 1759,6	5 h 15 m	6,67						
Remete–Nbodak²)											
Nagybodak–Bratislava 39 km	0,53	Heiter		6 h 45 m	5,78	11,25	40	64 bis 67	35	1405	
Bratislava–Wien	Wildungsmauer		Fünf Kähne 1759,6			11,4 11,5 11,2	50 60 voll	65 65 63	39,15 42 43,5	1924 2137 2391	
	3 km Meßstrecke in 28 min 15 s				6,36	10,8	„	65	43,5	3307	
	Bratislava–Wien in 10 h 20 min				5,51						

¹) Bei Kövesd-Helemba wurde der Schleppzug abgehängt und zweimal über die Furt gefahren. ²) Der Schleppzug wurde abgehängt und

Budapest—Szob
Federmaßstab:

HD: 4 mm = 1 kg/cm²		Unterdruck	65 cm Q.-S.
ND: 17 mm = 1 kg/cm²		Drehzahl	30 U/min
HD-Einlaß	40 vH	Ind. Gesamtleistung	1304 PS

Esztergom—Gönyü
Ohne Saugzuganlage

HD-Einlaß . .	40 vH	Drehzahl	30,6 U/min
Unterdruck .	67 cm Q.-S.	Ind. Gesamtleistung	1315 PS

Bratislava—Wien

HD-Einlaß . .	50 vH	Drehzahl	39,15 U/min
Unterdruck .	67 cm Q.-S.	Ind. Gesamtleistung	19.4 PS

Bratislava—Wien
3 km-Fahrt

HD-Einlaß .	voll	Drehzahl	43,5 U/min
Unterdruck .	65 cm Q.-S.	Ind. Gesamtleistung	2307 PS

RZ 1386 Z 22+31

Bratislava—Wien

HD-Einlaß .	voll	Drehzahl	43,5 U/min
Unterdruck .	63 cm Q.-S.	Ind. Gesamtleistung	2391 PS

Abb. 22 bis 31
R.-D. „Österreich“, Leistung mit Anhang.

vorhanden. Meistens wird der Abdampf der Hilfsmaschinen in die Radkästen oder in den Schornstein über Bord geleitet. Die erste Anordnung verursacht starke Nebelbildung, namentlich in der kälteren Jahreszeit und besonders beim Manövrieren, wenn bei geringer Drehzahl die Räder nicht genügend Wasser zur Kondensation des ausströmenden Dampfes mitreißen. Im zweiten Falle rosten Kamine und Rauchkammerbleche durch Kondensationswasser vorzeitig ab. Der Hilfskondensator vermeidet diese Übelstände; das Kondensat wird in die Radkasten geleitet.

Kesselanlage

Die Kesselanlage besteht aus vier zylindrischen Einend-Schiffskesseln mit je drei Flammrohren. Sie sind mit Schmidtschen Überhitzern sowie mit Saugzuganlagen der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft, Kassel, versehen.

Die Hauptabmessungen der Kessel sind:

Gesamte wasserberührte Heizfläche	640 m²,
Gesamte Überhitzerheizfläche	200 „
Gesamte Rostfläche	21,6 „
Betriebsüberdruck	11,5 at
Kessellänge	3150 mm
Kesseldurchmesser	3400 „

Je zwei Kessel im Vor- und Hinterschiff haben einen gemeinsamen umlegbaren Schornstein. Die Kessel sind so reichlich bemessen, daß sie bei 2500 PS indizierter Höchstleistung (einschl. Hilfsmaschinen) 17 000 kg/h bei

Kesselanlage mit Saugzug. Reise Nr. 1.

Kohlenverbrauch	Speisewasserverbrauch	Speisewassertemperatur	Dampftemperatur an der Maschine	Luftdruck			Drehzahlen des Saugzuglüfters	Temperatur			
				im Feuer	Unter dem Lüfter	Über dem Lüfter		der Rauchgase im Schornstein	Außenluft	am vorderen Feuerplatz	am achteren Feuerplatz
kg/h	kg/h	°C	°C	mm W.-S.	mm W.-S.	mm W.-S.	U/min	°C	°C	°C	°C
7800 / 4 = 1950	36 800 / 4 = 9200	60 bis 75	215 bis 225	8 bis 18	10 bis 18	8 bis 18	1000 bis 1750	240 bis 270	13	20 bis 26	25 bis 30
11 850 / 6 = 1975	55 800 / 6 = 9300	65 bis 80	215 bis 220					230 bis 270	17	25 bis 30	25 bis 35
10 250 / 5 = 2050	49 000 / 5 = 9800	65 bis 75	230 bis 260	8 bis 10	8 bis 10	8 bis 10	750 bis 1000	230 bis 270	18	25 bis 30	30 bis 35

dreimal über die Furt gefahren.

Verfeuerung der aus den eigenen Kohlengruben stammenden Fünfkirchner (Pécser) Staubkohle liefern können. Da es sich um Verfeuerung einer kurzflammigen, backenden Staubkohle von 5500 bis 5800 kcal/kg und 25 vH Rückständen handelt, wurde auf Grund von eingehenden Versuchen mit der Saugzuganlage eine besondere Rostbauart mit 43 vH freier Rostfläche, 15 mm Spaltweite und $20 \times 12\ m^2$ Stabprofil entwickelt, wobei bis 150 kg Kohle je $1\ m^2$ Rostfläche bei künstlichem Zug verfeuert werden kann. Die Verbrennung ist so gut, daß das sonst nach je 2 bis 4 h erforderliche Feuerputzen nur in den Endhäfen vorgenommen wird.

Die Rauchrohrüberhitzer, Bauart Schmidt, bestehen aus je einer Naß- und Heißdampfkammer. Beide Kammern sind durch Rohrschlangen, die in den Siederohren der Kessel eingebaut sind, miteinander verbunden. Der Dampf wird bis 300 °C überhitzt.

Gegen Kesselsteinbildung sind thermo-elektrische Kesselstein-Verhütungsgeräte, Bauart „Agfil-Lia", eingebaut. Jeder Kessel ist mit zwei Thermoelementen, die auf die Hauptdampfleitung aufgesetzt sind, versehen. Der Gleichstrom der Elemente wird durch einen Unterbrecher im Stromkreis in Pulsationsstrom umgewandelt. Die Stromstärke wird mittels eines Milliampèremeters überwacht. Die Wirkung der „Agfil-Lia"-Geräte wurde in einjähriger Erprobung festgestellt. Nach Angabe der Lia, G. m. b. H., besteht sie darin, daß der über die Wände des Kessels geführte pulsierende Gleichstrom eine elektro-physikalische Störung der Kesselsteinbildner hervorruft; infolge der dadurch entstehenden Schwingungen verhindert er festen Ansatz von Kesselstein und löst den bereits angesetzten Kesselstein ab. Die ausgefällten Kesselsteinteilchen vereinigen sich nicht zu festen, harten Krusten, sondern bedecken als lockeres Pulver die Kesselwände und Rohre. Der Kessel wird nur durch Abspritzen des Kesselinnern mittels Druckwassers gereinigt.

Probefahrten

Die Probefahrten auf der Strecke Budapest – Wien ergaben ein einwandfreies Arbeiten der Maschinen- und Kesselanlage, der Steuerung, der Anker- und Bootsmanöver, gute Steuerfähigkeit des Schiffes und ruhigen Gang der Maschine. Die hierbei aufgenommenen Leistungsdiagramme zeigen Abb. 22 bis 31, die weiteren Ergebnisse der Probefahrt sind aus Zahlentafel 1 zu ersehen. [B 1386]

Ernst Zetzmann †

Am 20. Oktober 1928 ist völlig unerwartet der Schiffbaudirektor der Hamburg-Amerika-Linie, Ernst Zetzmann, an Bord des D. „Columbus" auf einer Dienstreise nach Southampton gestorben.

Zetzmann war Mitglied eines Unterausschusses der internationalen Kommission zum Schutze des menschlichen Lebens auf See, die in der Vorkriegszeit anläßlich der „Titanic" - Katastrophe eingesetzt und vor kurzem zur Neuberatung der gefaßten Beschlüsse wieder neu zusammengesetzt worden ist. In dieser Eigenschaft befand er sich auf einer Reise nach London, auf der ihn der Tod ereilte.

Bei der Hamburg-Amerika-Linie war Zetzmann seit dem 1. Januar 1922 als Vorstand der Schiffbauabteilung tätig und somit hervorragend an dem Wiederaufbau der Flotte der Hamburg - Amerika - Linie beteiligt. Die beiden ersten Schiffe der Albert-Ballin-Klasse lagen in ihren Grundzügen bereits fest, als Zetzmann zur HAL kam, doch hat er die Pläne der beiden zuletzt gebauten Schiffe — „Hamburg" und „New York" — grundlegend beeinflußt.

Vor dieser Zeit war Zetzmann nach seinem Studium an den Hochschulen München und Charlottenburg von 1896 bis 1903 bei dem Reichsmarineamt als Konstrukteur tätig und stand dort in besonders naher Beziehung zu dem verstorbenen Chefkonstrukteur der Marine Dietrich und seinem Nachfolger, Geheimrat Rudloff. Nach seinem Fortgange vom Reichsmarineamt war er Oberingenieur im Kriegschiffbau bei der A.-G. Weser, Bremen, und später Vorstandsmitglied dieser Werft. Am 1. Januar 1915 ging er als Schiffbaudirektor zur Fried. Krupp, A.-G., Germania-Werft, Kiel, wo er sich um die Ausbildung der U-Boote besondere Verdienste erwarb. Nach dem Kriege kehrte er als Vorsitzender des Direktoriums zur A.-G. Weser zurück, welche Stellung er im Herbst 1921 verließ, um dann in die Dienste der Hamburg-Amerika-Linie einzutreten. Hier hat er sich in rastloser Tätigkeit allen Arbeiten gewidmet, die mit dem Weiterausbau der Flotte der Hamburg-Amerika-Linie im Zusammenhang standen und ebenso mit reedereitechnischen Fragen befaßt, soweit sie den Schiffbau und dessen Entwicklung betrafen.

Ernst Zetzmann
geb. 8. Februar 1873 gest. 20. Oktober 1928

Zetzmann war seit 1897 Mitglied des V. d. I. In den Jahren 1917 bis 1920 war er im Vorstand des Gesamtvereines und gehörte zuletzt dem Hamburger Bezirksverein an. Besondere Verdienste erwarb er sich beim Bremer Bezirksverein. Von 1905 bis 1906 war er erster Schriftführer, von 1910 bis 1913 erster Vorsitzender und Mitglied des Vorstandrates, von 1913 bis 1914 Vorstandsmitglied und später Ehrenmitglied.

Eine Grippe, die ihn vor einigen Wochen befiel und der er wohl nicht genügend Beachtung geschenkt hat, beeinträchtigte in letzter Zeit seine Gesundheit, und so mag dieser Umstand, verbunden mit der großen Arbeitslast, die auf ihm ruhte, mit zu seinem vorzeitigen Tod beigetragen haben.

An seiner Bahre trauern seine Gattin, die Tochter des früheren Schiffbaudirektors des Norddeutschen Lloyd, Herrn Dr. Walther, mit der er in glücklichster Ehe lebte, und fünf Kinder, die ihren fürsorglichen und zärtlichen Vater besonders schwer vermissen werden. Aber auch alle Fachgenossen und seine vielen Freunde werden sich seiner über das Grab hinaus in Anerkennung und Verehrung erinnern. [P 2220] E. Goos

Verein deutscher Ingenieure

Hamburger Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure

Zusammenfassung von Meilenfahrtergebnissen

Von Dr.-Ing. W. Schmidt, Berlin

Allgemeines. — Erläuterung des Darstellungsverfahrens. — Freifahrende Schraube. — Schraube hinterm Schiff ohne und mit Kavitation.

Mit Unterstützung des Wissenschaftlichen Beirates des Vereines Deutscher Ingenieure konnte ich vor zwei Jahren ein kleines Heft[1]) veröffentlichen, das an der Hand von einigen Tafeln einen Weg zeigen sollte, wie man umfangreiche Versuchsergebnisse mit freifahrenden Modellpropellern — es handelte sich um die bekannten Versuche von Dr. Schaffran — in gedrängter Form darstellen und so die Übersicht über solche Versuche wesentlich erleichtern kann.

Das Heft ist in den Fachkreisen des In- und Auslandes gut aufgenommen worden, nur wurde gerügt, daß in den Erläuterungen zu den Tafeln zu wenig Anwendungsbeispiele gebracht wären. In dieser Hinsicht hatte ich mich aber absichtlich beschränkt, da ich erst meine Erfahrungen darüber erweitern wollte, wie sich die Arbeitsverhältnisse einer Schraubenform ändern, je nachdem sie in natürlicher Größe hinter einem Schiffskörper oder als Modellschraube in ungestörtem Wasser arbeitet. Die Schiffbau-Versuchsanstalten sind zwar schon lange Zeit bemüht, diesen Sachverhalt durch Modellversuche zu klären, und Institute für Strömungsforschung an Hochschulen und Universitäten suchen sie bei dieser schwierigen Aufgabe zu unterstützen; es bestehen hierbei jedoch fast unüberwindliche Schwierigkeiten, und zwar aus den folgenden Gründen: Eine genaue Nachprüfung von Rechnung und Modellversuch durch Meilenfahrten mit Schiffen ist nur beschränkt möglich, weil man bei Schiffen im allgemeinen nur die Schiffsgeschwindigkeit v_s [m/s], die Schraubenwellen-Drehzahl n [s^{-1}] und die Maschinenleistung [WPS] hinreichend genau messen kann. Die Messung des Schraubenschubes S [t] hat anscheinend nur in Einzelfällen zuverlässige Werte ergeben. Den Schiffswiderstand W [t] kann man nur durch Schleppen, also nur bei kleinen Geschwindigkeiten messen (Froudes Versuche mit „Greyhound"), während für den Entwurf eines Schiffes die Verhältnisse bei der Höchstgeschwindigkeit maßgebend sind.

Viel einfacher lassen sich die Messungen beim Modellversuch ausführen, dessen Ergebnisse man mit Hilfe von Ähnlichkeitsbetrachtungen auf das Schiff zu übertragen sucht. Das wäre bei genau ähnlicher Modellausführung einwandfrei möglich, wenn nur ein Ähnlichkeitsgesetz, nämlich das Froudesche, bei der Umrechnung zu beachten wäre. Danach verhalten sich:

1. Geschwindigkeiten $\frac{v_s}{v_m} = \sqrt{\frac{L_s}{L_m}} = \alpha^{1/2}$,
2. Drehzahlen $\frac{n_s}{n_m} = \sqrt{\frac{L_m}{L_s}} = \alpha^{-1/2}$,
3. Schübe und Widerstände $\frac{S_s}{S_m}$ und $\frac{W_s}{W_m} = \left(\frac{L_s}{L_m}\right)^3 = \alpha^3$,
4. Leistungen $\frac{\mathrm{EPS}_s}{\mathrm{EPS}_m} = \frac{\mathrm{WPS}_s}{\mathrm{WPS}_m} = \alpha^{3,5}$.

Die zum Schiff gehörigen Werte sind hierbei durch den Zeiger s, die zum Modell gehörigen durch m gekennzeichnet.

Das Froudesche Gesetz würde genau gelten, wenn nur die Erdschwere am Vorgang beteiligt wäre. Leider beeinflußt aber auch die innere Reibung den Vorgang, und zwar einmal bei der Oberflächenreibung W_{r_s} am Schiff und W_{r_m} am Modell und außerdem bei der Wasserreibung an den Schraubenflügeln. Durch W_{r_s} und W_{r_m} wird die Nachstromgeschwindigkeit $v_s - v_e$ beim Schiff und $v_m - v_e$ beim Modell und damit der Nachstromwirkungsgrad $\frac{v_s}{v_e}$ oder $\frac{v_m}{v_e}$ vergrößert[2]). Wegen der größeren spezifischen Reibung beim Modell ist $\frac{v_m}{v_e} > \frac{v_s}{v_e}$. Unter diesen Umständen können die Strömungen an der Stelle hinter einem Schiff und der entsprechenden beim ähnlichen Modell, wo die Schraube arbeitet, nur bis zu einem gewissen Grade ähnlich verlaufen. Bei dieser Sachlage ist es im allgemeinen nicht möglich, die Umrechnungswerte einwandfrei zu ermitteln, die in die Rechnung einzuführen wären, wenn man von Modellversuchen mit Schrauben oder gar von alleinfahrenden Modellschrauben auf das Verhalten der Schrauben hinter dem Schiff schließen will.

Um die Übertragungsmöglichkeit der Ergebnisse von Modellversuchen mit Schrauben auf das ähnliche Schiff zu verbessern, hat man beim Modellversuch einen Reibungsabzug eingeführt, so daß die Modellschrauben angenähert bei dem gleichen Belastungsgrad arbeiten wie die Schiffsschrauben und damit ungefähr auch den gleichen Wirkungsgrad erreichen. Aber man sieht leicht ein, daß man auf diesem Wege wohl die Drehzahl n_m, den Schub S_m und das Drehmoment M_m ändern und den dem Schiff entsprechenden Werten nähern kann, nicht aber den Nachstromwirkungsgrad $\frac{v_m}{v_e}$. Dieser wird beim Modell stets größer als beim Schiff sein, weshalb der Modellversuch in dieser Hinsicht zu günstige Werte ergibt, da

$$\mathrm{EPS} = \frac{W\,v}{75} = \mathrm{WPS}\,\eta_p\,\eta_s\,\eta_w = \mathrm{WPS}\,\frac{S\,v_e}{75\,\mathrm{WPS}}\,\frac{W}{S}\,\frac{v}{v_e} \quad (1).$$

In Gl. (1) bedeutet

EPS die Nutzleistung beim Schiff oder Modell,
W den Schlepperwiderstand ohne Schraube in kg,
v die Schiffs- oder die Modellgeschwindigkeit in m/s,
WPS die an der Schraubenwelle aufgewendete Leistung,
$\eta_p = \frac{S\,v_e}{75\,\mathrm{WPS}}$ den Schraubenwirkungsgrad < 1,
S den Schraubenschub in kg,
v_e die Eintrittsgeschwindigkeit in m/s,
$\eta_s = \frac{W}{S}$ den Sogwirkungsgrad < 1, die arbeitende Schraube erhöht den Widerstand,
$\eta_w = \frac{v}{v_e}$ den Nachstromwirkungsgrad > 1.

Die angenäherte Ermittlung des Nachstromwirkungsgrades η_w aus dem Vergleich von Versuchen mit freifahrenden Modellschrauben und Meilenfahrtergebnissen ist eine Aufgabe dieser Arbeit.

Während η_w beim Modell zu günstig gemessen wird, wird der Schraubenwirkungsgrad η_p hierbei infolge der inneren Reibung zu ungünstig festgestellt. Beide Unterschiede gleichen sich bis zu einem gewissen Grade aus. Die Schiffsschraube wird also im allgemeinen einen günstigeren Wirkungsgrad η_p haben als die Modellschraube, solange keine Hohlraumbildung (Kavitation) eintritt. Wie sich die Sachlage hierdurch ändert, darüber geben Abb. 8 bis 11 einigen Aufschluß, was später behandelt werden soll.

Man erkennt, daß in Gl. (1) noch verschiedene Verbesserungen einzuführen sind, wenn man vom Modellversuch auf die Sachlage beim Schiff schließen will. An einer Untersuchung der Schraubenwirkung in dieser Richtung wird vor allem in den Schiffbau-Versuchsanstalten und Forschungsinstituten gearbeitet. Im praktischen Schiffbau zieht man gewöhnlich eine summarische Betrachtung vor, indem man $\eta_p\,\eta_s\,\eta_w$ in Gl. (1) in den Gesamtwirkungsgrad η zusammenfaßt, der dann durch die Gleichung

$$\eta = \frac{\mathrm{EPS}_m}{\mathrm{WPS}_s}$$

gegeben ist. Man bestimmt die Nutzleistung EPS_m[3]) nach dem Froudeschen Verfahren aus einem Modellversuch

[1]) Vergl. Schmidt, Zusammenfassende Darstellung von Schraubenversuchen, Berlin 1926, VDI-Verlag.

[2]) Bei der „freifahrenden Schraube" entspricht v_e der Geschwindigkeit des Meßwagens, hinter dem Schiff und hinter dem Modell der mittleren Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in den Propeller.

[3]) Wie man aus Modellversuchen eine Interpolationsgleichung für den Modellwiderstand ableiten kann, soll in einer späteren Arbeit erläutert werden.

ohne Schrauben und die an der Schraubenwelle aufgewendete Leistung WPS_s aus Meilenfahrten, damit erhält man je nach der Schiffsgattung etwas verschiedene η-Werte, die auch bei einer Schiffsgattung noch in gewissen Grenzen schwanken.

Mit Hilfe dieser aus vorliegenden Erfahrungen gewonnenen η-Werte kann man bei Neuentwürfen die für eine bestimmte Schiffsgeschwindigkeit erforderliche Maschinenleistung aus Modellversuchen nach der Gleichung

$$WPS_s = \frac{EPS_m}{\eta}$$

veranschlagen.

Nun steht man vor der Frage, wie die Drehzahl der Maschine und die Schraubenabmessungen zu wählen sind, damit die Maschinenleistung [WPS_s] bestmöglich in Schubleistung [SPS_s] umgesetzt wird. Wie man eine Lösung hierfür mit Hilfe meiner oben genannten Arbeit findet, soll im folgenden kurz erläutert werden.

Man erkennt, daß der Erfolg solch eines Verfahrens zunächst davon abhängt, wie genau man über die Größe von $\eta = \eta_p \eta_s \eta_w$ bei verschiedenen Schiffsarten unterrichtet ist. Einen Anhalt für die Abschätzung von η_p in Abhängigkeit vom Fortschrittsgrad $\frac{v}{nD}$ und verschiedenen Belastungsgraden bei planmäßig geänderter Flügelform und Anzahl gibt meine oben genannte Arbeit[1]), für den Sogwirkungsgrad gilt, daß er ungefähr um den gleichen Betrag x kleiner als 1 ist, um den η_w den Wert 1 überschreitet. Durch geschickte Wahl der Hinterschiffsform (U-Spanten) kann man jedoch nach Versuchen von Kempf bei Frachtschiffen erreichen, daß $\eta_w - 1$ beträchtlich größer als $1 - \eta_s$ wird. Angaben über η_w enthält diese Arbeit, die mit Hilfe eines Auftragungsverfahrens ermittelt sind, wie es in ähnlicher Weise bereits von Eiffel für die Darstellung von Versuchsergebnissen mit Luftschrauben benutzt worden ist. Da dieses Verfahren und seine Vorzüge für die Auswertung von Meilenfahrtergebnissen jedoch nicht allgemein bekannt ist, soll es hier kurz erläutert werden.

Das Darstellungsverfahren

Bei einer Schraube mit unendlicher Steigung (Wasserrad), Abb. 1 und 2, wie sie nach einem von mir ausgearbeiteten Verfahren[4]) von Schiffbau-Versuchsanstalten zum Nacheichen von Versuchsergebnissen benutzt wird, ist das für eine bestimmte Drehzahl n in einem Medium erforderliche Drehmoment

$$M = \varkappa \frac{\gamma}{g} F h v^2 = 4 \varkappa \varrho F h^3 \pi^2 n^2 \text{ [mkg]} \quad . \; . \; (2)$$

hierin bedeutet

$\varkappa$ einen Beiwert.

$\varrho = \frac{\gamma}{g}$ die Dichte,

F [m²] die Flügelfläche,

h [m] den Abstand ihres Druckmittelpunktes von der Achse.

Fragt man, wie sich die Drehmomente ähnlicher Wasserräder mit dem ähnlichen Durchmesser D_1, D_2, D_n und den Drehzahlen n_1, n_2 und n_n ändern, so schreibt man zweckmäßig

$$F_1 = c\,D_1^2, \qquad F_n = c\,D_n^2$$
$$h_1 = c_1 D_1, \qquad h_n = c_1 D_n$$
$$v^2 = c_2 D^2 \pi^2 n^2 \quad \text{und} \quad v_n^2 = c_2 D_n^2 \pi^2 n_n^2,$$

dann ist für $\varkappa$ = unveränderlich im Ähnlichkeitsfalle

$$\frac{M}{M_n} = \frac{\varrho D^5 n^2}{\varrho_n D_n^5 n_n^2}$$

oder, wenn man die Leistung

$$WPS = \frac{M\,2\,\pi\,n}{75}$$

einführt,

$$\frac{WPS}{WPS_n} = \frac{\varrho D^5 n^3}{\varrho_n D_n^5 n_n^3},$$

mithin

$$WPS = C \varrho D^5 n^3 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

und $\frac{WPS}{\varrho D^5 n^3} = C$ für alle ähnlichen Wasserräder.

[4]) Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 441.

Abb. 1 bis 4
Wasserrad. Abb. 1 und 2 (oben) mit unendlicher, Abb. 3 und 4 (unten) mit endlicher Steigung.

Verdreht man nun die Flächen der Wasserräder so, daß eine endliche Steigung entsteht, Abb. 3 und 4, so erzeugen die Räder Axialschübe, die sich mit der Umlaufzahl n ändern. Das Wasserrad wird damit zur Schraube. Bei ähnlichen Steigungen sind jedoch auch hierbei, wenn man die innere Reibung vernachlässigt, gleiche C-Werte zu erwarten, die im übrigen eine Funktion des Steigungsverhältnisses $\frac{H}{D}$ sind. Also ist jetzt

$$\frac{WPS}{\varrho D^5 n^3} = f\left(\frac{D}{H}\right).$$

Bisher wurde der Fall betrachtet, daß bei den Rädern oder Schrauben keine Fortbewegung in axialer Richtung stattfindet, bewegen sich die Räder jedoch mit der Geschwindigkeit v_e [m/s], so ist anzunehmen, daß im Ähnlichkeitsfalle auch bei dem gleichen Wasserrad und der gleichen Schraube die C-Werte unveränderlich sind für unveränderten Fortschrittsgrad

$$\lambda = \frac{v_e}{n D}.$$

Werden also Steigungsänderungen und Änderungen des Fortschrittsgrades betrachtet, so ist

$$\frac{WPS}{\varrho D^5 n^3} = f\left(\frac{H}{D}, \frac{v_e}{n D}\right).$$

Dieses ist eine Funktion mit drei Veränderlichen, die sich durch Parameterdarstellung wiedergeben läßt. Ich wähle $\frac{WPS}{\varrho D^5 n^3}$ als Abszisse und $\lambda = \frac{v_e}{n D}$ als Ordinate in einem logarithmisch geteilten Netz. Hierbei er-

Abb. 5
Darstellung von Versuchsergebnissen mit freifahrenden Modellpropellern verschiedener Steigung.

Abb. 6
Einführung der Koordinaten $\frac{\text{WPS}\, n^2}{\varrho\, v_e^5}$ und $\frac{\text{WPS}}{\varrho\, D^2\, v_e^3}$.

Abb. 7
Bestimmung der Kurven a_D und a_n, die bestmögliche Propeller festlegen.

geben die Versuchswerte mit freifahrenden Schrauben verschiedene Kurven für verschiedene Steigungsverhältnisse $\frac{H}{D}$, Abb. 5.

Zu dieser Abbildung wird noch folgendes bemerkt: Bestimmt man in gleicher Weise wie die C-Werte aus Schubleistungen SPS_s der Schraube die Werte $c = \frac{\text{SPS}}{\varrho\, D^5\, n^3}$, so ist anzunehmen, daß sie in den gleichen Fällen unveränderlich sind, wie die C-Werte. Sie müssen also auch eine Kurvenschar ergeben, die jedoch nicht in Abb. 5 eingezeichnet ist. Statt dessen sind die Schraubenwirkungsgrade $\eta_p = \frac{c}{C}$, ebenfalls in Parameterdarstellung, angegeben. Der beste Wirkungsgrad η_{max} eines Propellers liegt an der Stelle, wo sich eine $\frac{H}{D}$-Kurve und eine η_p-Kurve berühren, also auf der gestrichelten Kurve in Abb. 5, diese ist für die Wahl einer günstigen Schraube jedoch bedeutungslos, weil hierbei der jeweilige Belastungsgrad berücksichtigt werden muß. Wie dieses geschieht, soll später gezeigt werden.

Zusammengehörige Werte in Abb. 5 erhält man, indem man in gegebenen Werten auf die Abszisse $\frac{\text{WPS}^3}{\varrho\, D^5\, n}$ und die Ordinate $\frac{v_e}{n\, D}$ Lote errichtet und im Schnittpunkt das Steigungsverhältnis $\frac{H}{D}$ und den Wirkungsgrad η_p abliest.

Die Abbildung 5 läßt sich durch zwei weitere Koordinaten noch zweckmäßiger gestalten, Abb. 6, die mit Rücksicht darauf eingetragen sind, daß bei dem Entwurf einer Schraube jeweils zwei der drei Größen D, v und n außer der Leistung WPS_s gegeben sind.

Die Lage dieser Koordinaten wird bestimmt, indem man

$$\frac{\text{WPS}}{\varrho\, D^5\, n^3} \text{ mit } \left(\frac{n\, D}{v_e}\right)^3 \text{ und } \left(\frac{n\, D}{v_e}\right)^5$$

vervielfacht, man erhält dann

$$\frac{\text{WPS}}{\varrho\, D^2\, v_e^3} \text{ und } \frac{\text{WPS}\, n^2}{\varrho\, v_e^5}.$$

Ermittelt man in Abb. 6 die Orte, wo diese Werte unveränderlich sind, so erhält man infolge des gewählten logarithmischen Netzes, dessen Vorteil hierbei klar zum Ausdruck kommt, zwei Scharen von Parallelen, deren Abstände durch die in Abb. 6 eingezeichneten schrägen Koordinaten und die angeschriebenen Maßzahlen festgelegt sind.

Wie man fortschreitet, wenn man von den vier Größen WPS, v, D und n jeweils eine ändert, ist in Abb. 6 durch Pfeile gekennzeichnet, und man erkennt leicht, daß man jedesmal senkrecht zu der Ordinate fortzuschreiten hat, deren Bezeichnung die veränderliche Größe *nicht* enthält.

Bestimmung einer bestmöglichen Schraubenform

Die Pfeile berühren die η_p-Kurven in Punkten, die bestmögliche Schrauben festlegen. Parallele Pfeile bestimmen mit ihren Berührungspunkten Kurven, die in Abb. 7 mit a_n und a_D bezeichnet sind. Mit Hilfe dieser Kurven ist es ein leichtes, die Frage nach einem bestmöglichen Propeller zu beantworten, wenn WPS, n und v_e oder WPS, D und v_e gegeben sind. Man bestimmt hierzu

$$\frac{\text{WPS}\, n^2}{\varrho\, v_e^5} \text{ oder } \frac{\text{WPS}}{\varrho\, D^2\, v_e^3}$$

und errichtet auf den entsprechenden Maßstäben in den berechneten Werten Lote bis zu den Kurven a_D oder a_n

Abb. 8
Versuche mit freifahrender Modellschraube (Kurve a). Meilenfahrtergebnisse ohne (b) und mit (c) Kavitation.

Abb. 9
Versuche mit freifahrender Modellschraube (Kurve a). Meilenfahrtergebnisse ohne (b) und mit Kavitation (c). Modellversuch mit Schrauben (d).

Abb. 10
Meilenfahrten auf verschiedener Wassertiefe. Die Äste c rücken infolge des verschiedenen Belastungsgrades auseinander, ergeben jedoch gleiche ϱ_k-Werte, Abb. 12.

Abb. 11
Meilenfahrten von Schwesterschiffen bei verschiedener Verdrängung und Meerestemperatur. Die Äste c_1, c_2 und c_3 rücken infolge des verschiedenen Belastungsgrades auseinander.

Die Schnittpunkte bestimmen $\frac{H}{D}$ und η_p für die gesuchte Schraube. Zum Bestimmen der zweckmäßigen Flügelbreite, -dicke und Flügelzahl kann man die verschiedenen meiner Arbeit[4a]) beigegebenen Tafeln benutzen.

Anwendung auf Meilenfahrtergebnisse

Bisher war angenommen, daß die Eintrittsgeschwindigkeit v_e des Wassers in die Schraube bekannt sei. Das ist wohl bei der freifahrenden Schraube der Fall, bei der die Eintrittsgeschwindigkeit v_e gleich der Geschwindigkeit des Meßwagens ist. Bei der Schraube hinter dem Modell oder dem Schiff ist v_e jedoch infolge der Reibung und Strömung kleiner als v_m und v_s. Das Verhältnis $\frac{v_s}{v_e}$ muß man bei der Wahl eines Steigungsverhältnisses berücksichtigen, weil sonst die vorgesehene Drehzahl nicht eingehalten wird.

Leider kann man $\frac{v_m}{v_e}$ nur für Modellversuche ermitteln, bei Schiffen ist $\frac{v_s}{v_e}$ wegen der kleineren spezifischen Reibung kleiner und läßt sich nicht aus den Meilenfahrten einwandfrei bestimmen. Man erhält jedoch relative Werte $\frac{v_s}{v_e}$, wenn man Meilenfahrtergebnisse in die durch Abb. 5 gekennzeichneten Tafeln meiner Arbeit[4a]) in der Form $\frac{v_s}{n\,D}$ über $\frac{\mathrm{WPS}}{\varrho\,D^5\,n^3}$ einträgt[5]), Abb. 8 und 9. In diesen Abbildungen sind die Ergebnisse für den freifahrenden Propeller durch eine gestrichelte Kurve a und die aus den Meilenfahrten ermittelten durch ausgezogene Kurven b gekennzeichnet. Beide Kurven verlaufen nahezu parallel, d. h. der Nachstromwirkungsgrad $\eta_w = \frac{v_s}{v_e}$ ändert sich mit der Geschwindigkeit nur verhältnismäßig wenig, und es ist angängig, ihn für Entwurfszwecke als nahezu konstant bei allen Geschwindigkeiten eines Schiffes anzunehmen. Der senkrechte Abstand der parallelen Kurven entspricht, mit einem logarithmischen Maßstab gemessen, dem Werte

$$\frac{\frac{v_s}{n\,D}}{\frac{v_e}{n\,D}} = \frac{v_s}{v_e} = \eta_w$$

für den Fall, daß die Schraube hinter dem Schiff genau so arbeitet wie die freifahrende Modellschraube und beide Schrauben angenähert die gleiche Form haben. Unterschiede in der Arbeitsweise lassen sich natürlich ebenso wie der Nachstromwirkungsgrad η_w durch Strecken in Abb. 8 und 9 kennzeichnen. In Abb. 9 ist der entsprechende Modellversuch mit Schrauben eingetragen, Kurve d. Damit ist eine zeichnerische Untersuchung von Schleppversuchen mit Meilenfahrten mittels dieses logarithmischen Darstellungsverfahrens möglich, ich möchte a dieser Stelle hierauf jedoch nicht weiter eingehen.

Im folgenden sollen einige Meilenfahrtergebnisse a der Hand solcher Darstellungen, Abb. 8 bis 11, kritisc betrachtet werden. Beachtenswert ist, daß Unterschiede i der Verdrängung und in der Wassertiefe, solange kein Kavitation eintritt, auf diese Kurven fast gar keinen Ein fluß haben, weil hierdurch nur eine Änderung des Schrau benbelastungsgrades, nicht aber des Nachstromes hervor gerufen wird. Nach Eintritt der Kavitation rücken di Kurven, der Erhöhung des Belastungsgrades entsprechen auseinander, Abb. 10 und 11. Die logarithmische Darstel lung ist hiernach ein wichtiges Hilfsmittel für die Nach

Abb. 12
Abfall der Dichte des Wassers bei Kavitation nach Meilenfahrten mit Torpedobooten bei verschiedenen Meerestemperaturen (3, 19 und 20 °) und vergrößertem Tiefgang (Linie a).

[4a]) Vergl. Bem. [1]) S. 1713.
[5]) Auch für die Ausführung dieser Arbeit habe ich vom Wissenschaftlichen Beirat des Vereines deutscher Ingenieure eine Unterstützung erhalten.

Abb. 13
Abfall der Dichte des Wassers bei Kavitation nach Meilenfahrten mit großen Kreuzern. Die Kavitation beginnt im allgemeinen bei $nH =$ 14,5 bis 15,5 m/s mit Ausnahme der Linie a, in diesem Falle begann sie schon früher.

prüfung der Ergebnisse von Meilenfahrten unmittelbar nach ihrer Ausführung an Bord des Schiffes. Hierbei ist es zweckmäßig, die einzelnen Fahrten hinsichtlich der Geschwindigkeit zu kennzeichnen. In Abb. 8 bis 11 sind den Werten Zahlen beigefügt, die mit wachsender Geschwindigkeit ansteigen. Die bei niedrigen Geschwindigkeiten festgestellten Werte, Punkte 1 und 2, streuen im allgemeinen, Abb. 11; das mag einmal auf eine ungenaue Festlegung der Nullinie beim Torsionsindikator oder auch auf den Seegang zurückzuführen sein, der bei geringer Geschwindigkeit das Kurshalten besonders erschwert und ein häufiges Ruderlegen bedingt. Die Größe von η_w ändert sich mit der Schiffsform und Lage der Schrauben. Bei Außenschrauben und schlanken Schiffen ist η_w kleiner als bei Innenschrauben und völligen Schiffen. Angaben hierüber werden in dem Abschnitt über die Auswertung gebracht.

Bei höheren Geschwindigkeiten biegen die Kurven in Abb. 8 bis 11 nach links ab. Diese Erscheinung ist auf den Eintritt der Kavitation zurückzuführen. Man erklärt sie sich so, daß der Unterdruck auf der Schraubensogseite bei hoher Drehzahl bis unter den Verdampfungsdruck des Wassers sinkt. Nach dieser Theorie müßte die Kavitation bei hoher Wassertemperatur früher eintreten als bei tiefer. Die Versuche c_1 in Abb. 11 bei 3° und c_2 bei 20° Wassertemperatur mit Schwesterschiffen bestätigen diese Erwartung jedoch auffallend wenig, Abb. 12.

Für die Berücksichtigung der Kavitation beim Entwurf von Schrauben genügt die Annahme, daß der Kavitationsast der Meilenfahrtkurven in die Fortsetzung des gewöhnlichen Astes fallen würde, wenn man die der Kavitation entsprechende Wasserdichte ϱ_k einsetzen würde. Unter dieser Annahme ergibt der wagerechte Abstand zwischen den Punkten auf dem Normal- und dem Kavitationsast der Meilenfahrtkurve ein Maß für die Dichte ϱ_k. Es ist zweckmäßig, auf den Meilenfahrtkurven die Erfahrungswerte des Gesamtwirkungsgrades η zu vermerken, die beim Schiff mit Schrauben den Propellerwirkungsgraden in Abb. 5 entsprechen.

Um die Abnahme von ϱ_k mit Zunahme der Drehzahl in Verbindung zu bringen, wurden in Abb. 12 und 13 $\frac{\varrho_k}{\varrho}$ über nH in ein logarithmisches Netz für verschiedene Schiffsgattungen eingetragen. Wie man erkennt, läßt sich $\frac{\varrho_k}{\varrho}$ durch die Gleichung

$$\frac{\varrho_k}{\varrho} = \left(\frac{C}{n\,H}\right)^m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

wiedergeben. $C = n\,H$ für Kavitationseintritt liegt bei etwa 14,5 bis 15,5 m/s. Vereinzelt arbeitet eine Schraube schon früher mit Kavitation. m ist anscheinend eine Funktion vom Tiefgang und ist kleiner bei größerem Tiefgang, s. Abb. 13 und Linie a in Abb. 12.

LS = Linienschiff
GK = großer Kreuzer
KK = kleiner Kreuzer
TB = Torpedoboot
Fu.PD = Fracht- u. Passagierdampfer
FD = Frachtdampfer
S = Schlepper

eine Schraube
zwei Schrauben, BB Schraube
„ „ , StB
drei „ , BB
„ „ , Mittelschraube
vier „ , Seiten- u. Mittelschraube

Abb. 14
Gegenüberstellung von Meilenfahrtergebnissen ——— und Versuchen mit freifahrenden Modellschrauben — — —.
Bestimmung von $\eta_w = \frac{v_s}{v_e}$. Bei großem Steigungsverhältnis $\frac{H}{D}$ und kleinem Flächenverhältnis $\frac{F_a}{F} = \frac{\text{Abgewickelte Flügelfläche}}{\text{Schraubenkreisfläche}}$ läßt sich die so ermittelte Größe von η_w nicht allein durch den Nachstrom erklären (vergleiche die mit a bezeichneten η_w-Strecken).

Zahlentafel 1. Bestimmung der Abmessungen

Schiffsgattung	Gegeben									Berechnet		
	v Kn	v_s m/s	JPS PS	WPS PS	n U/min	n U/s	D m	η_w	v_e m/s	$\frac{WPS\, n^2}{\varrho\, v_e^5}$	$\frac{WPS}{\varrho\, D^5 n^3}$	$\frac{v_e}{n\, D}$
Frachtdampfer, 1 Schraube	8,75	4,5	285	~ 242	129	2,15	?	1,25	3,6	17,9	—	?
Frachtdampfer, 1 Schraube	12	6,18		3 000	72	1,2	?	1,45	4,26	29,8	—	?
	„	„		„	„	„	5,64	„	„		2,94	0,63
Fracht- und Fahrgastdampfer, 2 Schrauben	19	9,78		8 900	86	1,434	?	1,28	7,64	6,8	—	?
Schleppdampfer, 1 Schraube	11	5,66	650	~ 550	100	1,66	?	1,25	4,53	7,69	—	?
	„	„	„	„	„	„	3,2	„	„		3,44	0,85
Linienschiff, 3 Wellen Außenschraube	20	10,3	—	10 000	260	4,33	?	1,08	9,54	22,9		?
	„	„		„	„	„	3,75	„	„		1,615	0,657
Innenschraube	„	„		9 500	250	4,166	?	1,18	8,73	31,4	—	?
	„	„		„	„	„	3,75	„	„		1,725	0,558

Die bisherigen Erläuterungen genügen im allgemeinen für die Bestimmung einer günstigen Schiffsschraube, wenn die für eine bestimmte Geschwindigkeit erforderliche Maschinenleistung [WPS] hinreichend genau bekannt und außerdem die Drehzahl oder der zulässige Schraubendurchmesser D gegeben sind.

Auswertung von Meilenfahrtergebnissen für den Entwurf von Schiffschrauben

Von Regierungsrat Dipl.-Ing. R. Schönemann, Berlin

Durch Genehmigung und Unterstützung der Marineleitung war es mir möglich, nach dem im ersten Teile gekennzeichneten Verfahren von Dr. Schmidt, Berlin, die Meilenfahrtergebnisse einer großen Anzahl von Kriegschiffen auszuwerten. Abb. 14 enthält einen Teil meiner Ergebnisse. Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Herren Ministerialdirektor Presse, Marineoberbaurat Blechschmidt und Marinebaurat Wischer, Berlin, meinen verbindlichsten Dank für ihre Bemühungen hiermit zum Ausdruck zu bringen.

Im folgenden möchte ich die bei dieser Arbeit gewonnenen Erfahrungen für die Bestimmung einer Reihe von Schiffschrauben benutzen, und zwar einmal für Schrauben, bei denen keine Hohlraumbildung zu erwarten ist, Zahlentafel 1, und sodann für eine Schiffsgattung, bei der sie erfahrungsgemäß eintritt. Die Rechnung ist mit den der Schmidtschen Arbeit[5a]) beigefügten Tafeln ausgeführt[6]).

Aufgabe: Es ist die Steigung H [m] für eine Torpedobootschraube von 3,2 m Dmr., $\frac{F_a}{A} = 0{,}7$ zu bestimmen die bei 33,8 Kn 24 100 WPS Leistung an der Welle in Schubleistung SPS umsetzt, dabei jedoch ein Drehmoment $M =$ 32 500 mkg (größtes Drehmoment der Antriebmaschine) nicht überschreitet.

Auf Grund von vorliegenden Erfahrungen soll der Nachstromwirkungsgrad $\eta_w = \frac{v_s}{v_e} = 1{,}1$ und das Verhältnis der Dichten

$$\frac{\varrho_k}{\varrho} = \left(\frac{15{,}6}{n\,H}\right)^{1{,}784} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

angenommen werden.

v_s = Schiffsgeschwindigkeit m/s,

v_e = Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in die freifahrende Schraube m/s,

ϱ_k = mittlere Dichte bei Kavitation,

$\varrho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1{,}015}{0{,}81}$ = mittlere Dichte des Meereswassers der Ostsee.

[5a]) s. Bem. [1]) S. 1713.

[6]) Diese Rechnung wird erleichtert, wenn man sich vom VDI-Verlag Weißpausen dieser Tafeln im doppelten Maßstab und außerdem einen logarithmisch geteilten Maßstab von 50 cm Einheitslänge beschafft.

Lösung: Da das Drehmoment $M = 32\,500$ mkg nicht überschritten werden soll, erhält man die Drehzahl der Schraube aus

$$\mathrm{WPS} = \frac{M\,2\,\pi\,n}{75}$$

zu

$$n = \frac{75\,\mathrm{WPS}}{M\,2\,\pi} = \frac{75 \cdot 24\,100}{6{,}28 \cdot 32\,500} = 8{,}85 \text{ U/s}.$$

Diesen Wert verwendet man für die Bestimmung von

$$\frac{\mathrm{WPS}}{\varrho\,D^5\,n^3} = \frac{24\,100}{0{,}1025 \cdot 3{,}2^5 \cdot 8{,}85^3} = 1{,}006 = x$$

und

$$\frac{v_e}{n\,D} = \frac{v_s}{\frac{v_s}{v_e}\,n\,D} = \frac{33{,}8 \cdot 0{,}5144}{1{,}1 \cdot 8{,}85 \cdot 3{,}2} = 0{,}558 = y.$$

Sucht man den Punkt ($x = 1{,}006$, $y = 0{,}558$) in Tafel [illegible] der Schmidtschen Arbeit für $\frac{F_a}{A} = 0{,}7$, so findet man ein Steigungsverhältnis $\frac{H}{D} = 0{,}645$, mithin

$$H = D\left(\frac{H}{D}\right) = 3{,}2 \cdot 0{,}645 = 2{,}063 \quad [\mathrm{m}]$$

und $nH = 8{,}85 \cdot 2{,}063 = 18{,}25$ [m/s], ferner $\eta_p = 0{,}487$, also eine unwirtschaftliche Schraube, die obendrein wegen der Kavitationsbildung nur 75,9 vH der vorgesehenen Leistung von 24 100 WPS oder 18 300 WPS bei 33,8 Kn in Schubleistung umsetzt, weil nach Gl. (4) $\frac{\varrho_x}{\varrho} = \left(\frac{15{,}6}{n\,H}\right)^{1{,}784} = 0.759$ ist.

Man muß also das Steigungsverhältnis $\frac{H}{D}$ von dem zu

$$\frac{\mathrm{WPS}}{\varrho\,D^5\,n^3} = 1{,}006 \quad \text{und} \quad \frac{v_e}{n\,H} = 0{,}558$$

gehörigen Werte $\frac{H}{D} = 0{,}645$ an bei gleichbleibenden $\frac{v_e}{n\,H}$ soweit erhöhen, bis

$$\frac{x}{x_1} = 1{,}006 : \frac{\mathrm{WPS}_x}{\varrho\,D^5\,n^3} = \left(\frac{15{,}6}{n\,H}\right)^{1{,}784}$$

wird. WPS_x ist dabei die Leistung, die die Schraube mit dem gesuchten Steigungsverhältnis ohne Kavitation aufnehmen würde. Die Lösung dieser Aufgabe wird am einfachsten auf zeichnerischem Wege gesucht. Hierzu zieht man wegen $\frac{v_e}{n\,D}$ = konstant eine Parallele zur Abszisse der Tafel 3 in der angeführten Arbeit und findet die in Zahlentafel 2 angegebenen zusammengehörigen Werte.

von Schiffschrauben

Zahl der Flügel	Den Tafeln entnommen $\frac{v_e}{nD}$	$\frac{H}{D}$	η_p	D m	H m	$\frac{F_a}{F}$
4	0,71[1])	1,09	0,625	2,36	2,57	42
4	0,658[1])	1,032	0,605	5,4	5,57	42
„	—	1	0,59	—	5,64	42
4	0,87[1])	1,24	0,62	6,15	7,82	42
4	0,87[1])	1,216	0,67	3,13	3,81	56
„	—	1,18	0,665		3,78	56
3	0,665[1])	1,015	0,63	3,3	3,35	60
„	—	0,8	0,63		3	60
3	0,615[1])	0,972	0,595	3,41	3,31	60
„		0,79	0,58		2,96	60

[1]) mit Hilfe der Kurve a_D in Abb. 7 ermittelt.

Trägt man nun die Werte der Spalten 5 und 6 über H auf, Abb. 15, so ergibt der Schnittpunkt die gesuchte Steigung $H = 2{,}855$ m. Ein Vergleich mit einer ausgeführten Schraube ergibt 2 vH Abweichung.

Abb. 15. Bestimmung der Steigung einer Schiffschraube, die bei Kavitation arbeitet.

Für den Fall, daß die $\frac{x}{x_1}$- und $\frac{\varrho_x}{\varrho}$-Kurve nicht zum Schnitt kommen, ist eine Geschwindigkeitserhöhung nach Kavitationseintritt nicht möglich. [B 2191]

Zahlentafel 2

$\frac{H}{D}$	H	nH	$x = \frac{WPS_x}{\varrho D^5 n^3}$	$\frac{x}{x_1} = 1{,}006 : \frac{WPS_x}{\varrho D^5 n^3}$	$\frac{\varrho_x}{\varrho}$
0,7	2,24	19,8	1,275	0,79	0,6536
0,8	2,56	22,63	1,80	0,559	0,5144
0,9	2,88	25,5	2,46	0,409	0,4166

Über die thermische Ausdehnung von Eisenlegierungen

Die thermische Ausdehnung von Eisenlegierungen, über die ich in der Zeitschr. f. techn. Phys. Bd. 9 (1928) Nr. 9 S. 338 berichtet habe, ist für die Praxis von großer Wichtigkeit. Eisen-Silizium-, Eisen-Aluminium- und Eisen-Mangan-Legierungen wurden in Abhängigkeit von der Temperatur und auch von der Konzentration untersucht. Die Messungen wurden nach dem Rohrverfahren vorgenommen, bei dem die untersuchten Stäbe[1]) sich in einem Hartglasrohr von genau bekannter thermischer Ausdehnung befanden.

Vier Eisen-Silizium-Legierungen mit 0,08 bis 8 vH Si wurden bei verschiedenen Temperaturen bis zu 500 °C untersucht; an Verunreinigungen hatten sie durchschnittlich 0,2 vH Kohlenstoff und 0,1 vH Mangan. Die Ausdehnungskurven (in Abhängigkeit von der Temperatur) haben einen normalen quadratischen Verlauf. In Abhängigkeit vom Siliziumzusatz nimmt, wie für Mischkristallbildung kennzeichnend, die thermische Ausdehnung mit wachsendem Siliziumgehalt ab, Abb. 1.

[1]) Die Stäbe waren 20 bis 35 cm lang und hatten 5 bis 6 mm Dmr.

Abb. 1 Der Ausdehnungsbeiwert von Eisen-Silizium-Legierungen in Abhängigkeit vom Siliziumzusatz.

Abb. 2 Der Ausdehnungsbeiwert von Eisen-Aluminium-Legierungen in Abhängigkeit vom Aluminiumzusatz.

Abb. 3 Der Ausdehnungsbeiwert von Eisen-Mangan-Legierungen in Abhängigkeit vom Manganzusatz.

Die Eisen-Aluminium-Legierungen, deren Kohlenstoffgehalt hinter dem der Si-Reihe zurückblieb, und deren übrige Verunreinigungen sich ebenfalls in mäßigen Grenzen hielten, wurden bis zu einem Al-Gehalt von 10,5 vH untersucht und zeigten bis zu 500 °C eine normale thermische Ausdehnung. Bei der Darstellung des linearen Ausdehnungsbeiwertes in Abhängigkeit des Al-Gehaltes, Abb. 2, erkennt man den konvexen Verlauf der Ausdehnungskurve gegen die wagerechte Achse wiederum als Kennzeichen für das Vorhandensein von Mischkristallbildung. Daraus, daß die gestrichelten Geraden eingezeichnet sind, erkennt man die Abweichungen vom linearen Verhalten, die scheinbar von der Temperatur unabhängig ist. Da die thermische Ausdehnung des Aluminiums etwa doppelt so groß ist wie die des Eisens, so steigt der Ausdehnungskoeffizient des Eisens mit wachsendem Al-Gehalt (trotz der Mischkristallbildung) an.

Bei den Eisen-Mangan-Legierungen liegen die Verhältnisse etwas verwickelter. Hier zeigen die Legierungen mit einem Mangangehalt bis 7,81 vH in dem Temperaturgebiet von 20 ° bis 550 ° einen normalen Verlauf; die Legierungen mit höherem Mangangehalt (untersucht bis 14,4 vH Mangan) zeigen dagegen zwischen 200 und 300 °C deutliche Hysteresiskurven. Obwohl sich das Mangan im Eisen löst, liegen die Ausdehnungskurven, dargestellt in Abhängigkeit vom Mangangehalt, Abb. 3, oberhalb der gestrichelten Mischungsgraden. Mit wachsender Temperatur werden die Abweichungen vom linearen Verlauf größer. Die Eisen-Mangan-Legierungen bilden somit eine Ausnahme vom normalen Verhalten. Aus den elektrischen und magnetischen Eigenschaftskurven ist bekannt, daß bei etwa 8 vH Manganzusatz eine Unstetigkeit auftritt, die durch die jeweilige Lage der Ar_2-Kurve bedingt ist. Auf diese Weise sind auch die vorher erwähnten Hysteresiserscheinungen zu erklären.

Berlin [M 2076] Dr. A. Schulze

Entwicklung der Hobelmaschinen

Von Oberingenieur Weil, Frankfurt a. M.

Die konstruktive Entwicklung der Bauarten der Hobelmaschinen von den Erstanfängen bis heute. Die verschiedenen Arten der Hauptantriebe, der Tischbewegungen, der Schaltungen und der Umsteuerungen.

Antrieb mit einem Riemen

Die ersten in Deutschland gebauten Hobelmaschinenantriebe, damals nach englischen Vorbildern, hatten nur einen Riemen, der beim Umsteuern abwechselnd auf drei Scheiben verschoben wurde, von denen die mittlere als Leerscheibe diente, die äußeren für den Vor- und Rücklauf des Tisches. Die Scheibe für den langsamen Arbeitshub trieb den Tisch mittels doppelter Übersetzung, die Rücklaufscheibe mittels einfacher Übersetzung.

Antrieb mit zwei Riemen

Eine Verbesserung brachte schon die Bauart mit zwei Riemen (offener und Kreuzriemen), die das Rücklaufgetriebe überflüssig und die Steuerung dadurch, daß die beiden Riemen nacheinander verschoben wurden, zuverlässiger machten[1]). Allmählich konnte man auch die Rücklaufgeschwindigkeit des Tisches erhöhen. Die gegenwärtig bei dieser Antriebart übliche Rücklaufgeschwindigkeit von 500 mm/min kann man wohl als obere Grenze ansehen. Die Versuche, sie noch weiter zu erhöhen — schon auf der Düsseldorfer Ausstellung im Jahre 1902 wurde eine kleinere Hobelmaschine mit 1000 mm/min Rücklaufgeschwindigkeit vorgeführt — haben nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt.

Elektrischer Antrieb

Die elektrischen Antriebe der Hobelmaschinen brachten zuerst den Konstrukteuren schwere Enttäuschungen. Man hatte die beim Umsteuern auftretenden Kräfte immer unterschätzt und wählte infolgedessen die Motoren viel zu schwach; besonders zeigte sich dieser Fehler, wenn man mit kurzen rasch aufeinanderfolgenden Hüben arbeitete. Auch bei den elektrischen Antrieben war noch der Übelstand vorhanden, daß die Riemen verschoben werden mußten. Ihre Beseitigung gelang durch Anwendung der elektromagnetischen Umsteuerkupplungen oder der umsteuerbaren Elektromotoren. Wo Gleichstrom zur Verfügung steht, ist der regelbare Umsteuermotor die einfachste Antriebart, weil die mechanischen Umkehrgetriebe vollständig fortfallen können.

Umkehrantrieb mit Magnetkupplung

Die elektromagnetische Umsteuerkupplung braucht allerdings ebenfalls Gleichstrom (1 bis 3 A); falls kein Gleichstromnetz vorhanden ist, kann ihn eine kleine mit dem Antrieb der Hobelmaschine gekuppelte Dynamo erzeugen. Abb. 1 zeigt eine magnetische Kupplung des „Vulkan", Maschinenfabrik, A.-G., Berlin. Sie besteht im wesentlichen aus einer Stahlwelle mit fest verbundener dünner Ankerscheibe und zwei mit den Antriebteilen vereinigten, auf der Welle auf Kugellagern laufenden Magnetkörpern mit eingebauter Magnetwicklung. Der Strom wird über Schleifringe zugeführt. Bei Unterbrechung des Stromkreises werden die losen Kupplungsteile durch Federn soweit voneinander entfernt, daß sich die Reibflächen nicht mehr berühren.

Antrieb mittels Gleichstrom-Umkehrmotors

Hobelmaschinenantriebe mittels regelbarer Gleichstrom-Umkehrmotoren wurden erstmals vor rd. 20 Jahren gebaut[2]). Die Elektrizitätsfirmen, die damals bereits Umkehrantriebe für Walzwerke von 10 000 PS und mehr geliefert hatten, unterschätzten anfänglich die Schwierigkeiten der „kleinen" Antriebe, und erst allmählich verbesserte man die Antriebe so, daß sie tadellos arbeiten. Der Richtungswechsel des Tisches wird selbsttätig durch einen kleinen von den Tischknaggen betätigten Steuerschalter eingeleitet. Der Steuerschalter befi sich immer in seiner Mittelstellung und hat einen kle Stiefelknecht, der seine Walze dreht (Bauart AE Beim Auftreffen der Knaggen auf den Stiefelknecht v zunächst der Motor gebremst. Gleichzeitig wird Schaltung für die entgegengesetzte Drehrichtung bereitet; sie setzt aber erst ein, wenn der Motor bei stillsteht. Der Bremsweg stellt sich von selbst auf kürzeste Maß ein, das durch die lebendige Kraft geg ist. Innerhalb des eingestellten Hubes kann man Maschine auch mittels Druckknöpfe steuern, die die Befehle „Schnitt", „Rücklauf", „Ein" und „E wirken. Diese Steuerung ließ bei nur 180 mm 48 Hübe/min erreichen. Abb. 2 zeigt einen Umkehr lasser.

Leonard-Antrieb

Erwähnt sei auch der Hobelmaschinenantrieb d normalen Motor und Umformer in Leonardschaltung, auch dort zur Anwendung kommen kann, wo Gleichst nicht zur Verfügung steht. Obwohl diese Antriebart Vorteil guter Regelbarkeit hat, wendet man sie doch selten an, da die Kosten für die drei Maschinen hoch s

Drehstrom-Antrieb

Das unausgesetzte Bestreben geht dahin, brauch Lösungen für Hobelmaschinen-Umkehrantriebe für D strom zu finden. Die bereits gebauten bewähren sich Hobelmaschinen, die im Vor- und Rücklauf mit gl cher Geschwindigkeit arbeiten, wie z. B. Blechkan Hobelmaschinen und bei Sondermaschinen zum Bearb von Panzerplatten; bei gewöhnlichen Hobelmaschinen beschleunigtem Rücklauf und veränderlicher Vor geschwindigkeit ist es bisher noch nicht gelungen, D stromantriebe zu bauen, die diesen Verhältnissen in lich günstiger Weise wie die Gleichstrom-Umkehrmot Rechnung tragen.

Ein Schritt ist indes in dieser Richtung bereits ge auf der verflossenen Frühjahrsmesse 1928 in Lei war eine von Waldrich, Siegen, gebaute Hobelmasc ausgestellt, deren von den Siemens-Schuckertwerken

Abb. 1
Elektromagnetische Kupplung, Bauart Vulkan.

- *a* Gleichstromleitung
- *b* Sicherung
- *c* Schalter I
- *d* „ II
- *e* Druckknopfschalter
- *f* Vorschaltwiderstand
- *g* Tisch der Hobelmaschine
- *h* einstellbare Anschläge
- *i* Wendeschalter, Hub rd. 80 bis 100 mm
- *k* Stiefelknecht
- *l* langsame } Schnittbewegun
- *m* schnelle }
- *n* Rücklauf
- *o* Schleifkontakte
- *p* Magnetspule
- *q* aushebbare Reibringe
- *r* ausgeschaltet
- *s* eingeschaltet
- *t* Schleifringe

[1]) Allerdings arbeiteten die Bauarten mit offenem und gekreuztem Riemen so, daß beide Riemen gleichzeitig verschoben wurden; das hat man aber geändert.
[2]) Z. Bd. 53 (1909) S. 1204.

Abb. 2
Umkehranlasser für Hobelmaschinen mit regelbaren Gleichstrom-Umkehrmotoren. Schutzkappe abgenommen.

·ferter Drehstromantrieb beschleunigten Rücklauf erɩb. Zum Antrieb der Hobelmaschine dienten zwei ·ehstrommotoren: einer für den Vorlauf, der andre für n Rücklauf, die abwechselnd eingeschaltet wurden. Zum hnellen Stillsetzen der Maschine diente ein Bremsɩgnet. Die in einem Schaltschrank befindlichen euerschützen wurden durch Anschläge am Tisch oder rch Druckknöpfe betätigt.

Tischantriebe

Man kann vier Arten von Tischantrieben unterschein: Kulisse und Schubstange, ähnlich wie bei Schnellblern (Shapingmaschinen), Schraubenspindel, Zahnɩnge und die Sellers-Schnecke. Von dem früher bei eineren Hobelmaschinen bis etwa 1000 mm Hobelbreite e und da angewendeten Antrieb mittels Kulisse ist ın abgekommen. Der Sellersantrieb mittels schräger, ımittelbar in die Zahnstange des Tisches eingreifender hnecke, hat sich gut bewährt; nur sehr großen Schnitn ist er nicht gewachsen.

Der Zahnstangenantrieb wird gegenwärtig weitaus n häufigsten angewendet, und nur in wenigen Fällen ird die Schraube zum Antrieb des Tisches bevorzugt. ie Anwendung des Zahnstangenantriebes wurde dadurch fördert, daß man heute Zahnstangen und Zahnräder mit ößter Genauigkeit herstellen kann; infolgedessen ist der ühere Nachteil des Zahnstangenantriebs — unruhiger ıng — fortgefallen. In der Regel sind die Reibungsɘrluste der Zahnräder wesentlich geringer als die der hraubenspindeln; aus diesem Grund ist der manchmal ɘrühmte Vorzug der Schrauben, daß sie „besser durchehen als die Zahnstangen", durchaus falsch.

Diese eigentlich schwer erklärliche falsche Ansicht ıtte sogar dazu geführt, daß man für sehr schwere hnitte, z. B. für Panzerplatten, früher nur Maschinen it Schraubenantrieb verlangte; aber grade für sehr hwere Schnitte hat diese Antriebart Nachteile, da sich e Treibmutter und die Endlager manchmal unzulässig ·wärmen.

Einen Sonderfall, bei dem man häufiger den Schrau·nantrieb bevorzugt, bilden die **Hobelmaschinen it Fräseinrichtung**. Obwohl die Zahnstange ɔim Hobeln vollkommen ruhigen Gang des Tisches erbt und Nachteile der wechselnden Verdrehungen der ntriebswellen nicht in die Erscheinung treten, so äußern sich diese Verdrehungen beim langsamen Fräsgang durch Rucken des Tisches, und es ist nur schwer möglich, die hochbeanspruchten Wellen so stark zu bemessen, daß die Verdrehung keine Rolle spielt. Günstiger liegen die Verhältnisse beim Schraubenantrieb, da hierbei die Wellen nicht so stark beansprucht werden.

Auch bei Bearbeitung von Werkstücken mit unterbrochenen Flächen, bei denen Stöße nicht zu vermeiden sind, bietet der Schraubenantrieb wegen der besseren Aufnahme des Rückstoßes Vorteile. Bei gewissen Sonderbauarten von Hobelmaschinen hat der Schraubenantrieb bis jetzt das Feld behauptet, z. B. bei Hobelwerken mit bewegtem Portal, den sogenannten Grubenhobelmaschinen, bei Blechkanten-Hobelmaschinen und ähnlichen Konstruktionen, wo das Werkstück festliegt und der Hobelstahl die Arbeitsbewegung ausführt. Man wählt hier immer noch den Schraubenantrieb, weil der Zahnstangenantrieb zu verwickelt ist.

Beim Hobeln von mehr als etwa 2750 mm breiten Werkstücken empfiehlt es sich, den Tisch durch zwei Zahnstangen oder Schraubenspindeln zu betätigen. Man ging früher von der Ansicht aus, daß dies nicht angängig wäre, weil man die beiden Zahnstangen nur sehr schwer zum gleichzeitigen Eingriff bringen könnte. Eine große Anzahl derartiger Ausführungen hat aber bewiesen, daß es bei genauer Werkstattarbeit durchaus möglich ist, daß zwei Zahnstangen oder Schraubenspindeln gut zusammenarbeiten.

Form der Gleitbahnen

Eine weitere wichtige Frage ist die der zweckmäßigsten Form der Gleitbahnen des Tischbettes. Die ersten Bauarten hatten V-förmige Bahnen, als deren Hauptvorzug genannt wurde, daß sie keiner Nachstellung bedürften, weil sich der Tisch bei der Abnutzung von selbst auf den V-Bahnen nachstellte. V-förmige Gleitbahnen werden von verschiedenen Firmen noch heute ausgeführt; die V-Bahnen sind mitunter nicht symmetrisch, sondern haben eine steile und eine flach schräge Fläche. Dies ist hauptsächlich dort am Platze, wo große Schnittdrücke quer zum Tisch auftreten; man sieht auch eine Deckleiste über der Bahn vor, damit die wagerechten Kräfte den Tisch nicht von der Gleitbahn abheben; auch bei hohen Werkstücken können Kräfte auftreten, die den Tisch von den Bahnen abheben.

Rechteckige Gleitbahnen werden vielfach bevorzugt, weil sie sich leichter herstellen lassen als die V-förmigen. Bei großen Hobelbreiten genügt es nicht, den Tisch nur auf zwei Gleitbahnen laufen zu lassen; in solchem Fall baut man die Hobelmaschinen mit **drei** Gleitbahnen. Obwohl die früher viel angewendeten Schwalbenschwanzschlitze wegen ihrer geringeren Höhe den Tisch nicht so sehr schwächten, wie die T-Schlitze, werden letztere jetzt doch bevorzugt. Damit man auch Wellen oder andre schmale Werkstücke gut aufspannen kann, empfiehlt es sich, an den Seiten des Tisches kurze Querschlitze einzugießen.

Die erhöhten Ansprüche an die Genauigkeit der Werkstücke waren die Hauptursache, daß man die Betten gegen früher wesentlich verlängert hat. Die Formel, daß sich die Bettlänge zur Hobellänge ungefähr wie 8 : 5 verhalten soll, hatte man lange beibehalten, bis man erkannt hatte, daß sich der über das Bett überhängende Tisch durchbog und zu Ungenauigkeiten Anlaß gab. Man hat auch die Tische fortgesetzt verstärkt, indem man sie wesentlich höher machte, damit sie beim Aufspannen der Werkstücke nicht „verspannt" werden.

Schmierung[3])

Bekannt ist die Schmierung mittels in die Bettbahnen eingelegter Schmierrollen, die in einem Ölbad laufen und durch Federn gegen den Tisch nach oben gedrückt werden. Die zerfressenen Gleitbahnen mancher Hobelmaschinen mit dieser Schmierung zeigen aber, daß sie sich nicht immer bewährt, besonders dann nicht, wenn die Federn nachlassen. Man verwendet daher vielfach dazu **Druckschmierung**, Abb. 3 bis 5.

[3]) Vergl. auch „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 899.

Abb. 3 bis 5
Schmiereinrichtung einer Hobelmaschine (Schiess-Defries).
a Schmierrohre für die Lager der Hauptantriebräder
b Schmierrohre für die Gleitbahnen

Abb. 4 und 5

Schalteinrichtungen

Große Wandlungen haben die Schalteinrichtungen der Hobelmaschinen durchgemacht, und zwar sowohl die Tischumsteuerung als auch die Schaltung der Werkzeugschlitten. Während der Tisch beim Vor- und Rückgang umzusteuern ist, setzt die Schlittenschaltung nur bei der Umsteuerung zum Arbeitshub ein und muß bei Beginn des Anschnittes beendet sein. Die ersten Konstruktionen für diese Betätigungen arbeiteten so, daß e i n Steuerhebel, der „Stiefelknecht", von den Tischknaggen gedreht wurde und die Bewegung gleichzeitig auf die Riemengabeln und auf das Getriebe für die Schlittenschaltung übertrug.

Als man begann, statt eines Riemens einen offenen und einen gekreuzten Riemen zum Antrieb zu verwenden, war zunächst keine wesentliche Umänderung der Riemensteuerung erforderlich, da man beide Riemen g l e i c h z e i t i g beim Umsteuern verschob; als man aber später dazu überging, die Riemen n a c h e i n a n d e r zu verschieben, mußte man Kurvenscheiben oder Kurvenschienen verwenden.

Die nächste Stufe in der Verbesserung des Steuervorgangs war die T r e n n u n g von Riemenverschiebung und Schlittenschaltung. Vielfach lehnte man sich zunächst an amerikanische Bauarten an, deren Schlittenschaltungen ganz unabhängig von der Riemenverschiebung waren und vom Hauptantrieb des Tisches abgenommen wurden. Der Schaltmechanismus lief während des Hobelvorganges leer; erst im Augenblick der Umsteuerung vom schnellen Rückgang zum Arbeitsgang wurde mittels einer Reibkupplung ein Sperrklinkengetriebe eingerückt, das die Vorschubmechanismen in Tätigkeit setzte.

Eine andere Anordnung mit etwas einfacheren, vielleicht auch sichereren Mitteln, besteht aus zwei Stiefelknechten auf einem gemeinsamen Bolzen; der eine betätigt die Riemenverschiebung, der andre die Schlittenschaltung.

Zur Änderung der Vorschübe dient bei den neuen Maschinen statt der früher üblichen Schlitzkurbel ein Schaltgehäuse am Querbalken. In diesem Gehäuse sitzt lose ein von der Steuerung angetriebenes Rad, das eine ganz bestimmte, durch die Zwischengetriebe bedingte Winkeldrehung vollführt, deren Größe für die größte mögliche Schaltung maßgebend ist. Eine Klinke kuppelt das Rad mit dem Schaltantrieb und ermöglicht — durch früheres oder späteres Kuppeln — die Änderung des Vorschubes. Diese Bauart hat aber gegen die Vorschubänderung mittels Schlitzkurbel einen gewissen Nachteil: während bei der Schlitzkurbel der Druck auf den Stiefelknecht und die durch das Schaltgetriebe zu übertragenden Kräfte je nach der Größe des Vorschubes verschieden, also bei kleinstem Vorschub nur gering sind, bleiben sie bei dem Schaltgehäuse immer gleich; größere Abnutzung der Knaggen und des Schaltgetriebes ist die Fo[lge]. Wenn dies bei kleinen Maschinen auch von gering[er] Bedeutung ist, so ist bei schweren Hobelmaschinen d[och] besonders darauf zu achten.

Bei der Vorschubschaltung der Schlitten am Qu[er]balken und Ständer der Hobelmaschinen von Gebr. Bo[eh]ringer, Göppingen, dient zum A n t r i e b des Sch[alt]getriebes ein Sperrad, das sich ständig langsam dreht [und] bei jedem Hubwechsel eine daneben angeordnete Sch[alt]scheibe auf eine halbe Drehung mitnimmt, sobald du[rch] die Tischknaggen die Sperrklinken der Schaltscheibe [an]gehoben und gleichzeitig Sperrad und Schaltscheibe [ge]kuppelt werden. Die halbe Umdrehung der Schaltsch[eibe] wird auf eine senkrechte Welle und durch diese in [die] Schaltgehäuse am Querbalken und Ständerschlitten wei[ter]geleitet. Das Klinkengetriebe sitzt in einem geschlosse[nen] Kasten am Fuß des rechten Ständers; die beiden Sch[alt]gehäuse sind so eingerichtet, daß man die Vorsch[übe] durch Drehen eines Knopfes in einer Kreisnut einste[llen] und ihre Größe an einer Skala ablesen kann. Es [gibt] neuerdings auch einige Bauarten, bei denen für die Sc[hal]tung ein besonderer kleiner Motor vorgesehen ist, [der] beim Hobeln nicht arbeitet, im Augenblicke der [Um]steuerung aber selbsttätig eingeschaltet wird und die V[or]schübe schaltet.

Abb. 6 und 7 zeigen eine neue Hobelmaschine [von] Gebr. Boehringer, Göppingen. Ein Elektromotor für

Abb. 9 und 10
Hobelmaschine von Schiess-Defries, Düsseld[orf]

Abb. 9

Abb. 6 und 7
Hobelmaschine von Gebr. Boehringer, Göppingen, mit elektrischem Antrieb, Räderkasten für vier Schnittgeschwindigkeiten: 140, 180, 225 und 280 mm/s; Rücklaufgeschwindigkeit 450 mm/s.

Abb. 8
Klemmvorrichtung für den Querbalken der Hobelmaschine von Gebr. Boehringer.
a Klemmspindel *c* Rollen
b Klemmbacken *d* Klemmhebel

bis 12 PS auf dem Querhaupt treibt sie mit gleichbleibender Geschwindigkeit an; ein Stufenrädergetriebe ergibt vier verschiedene Schnittgeschwindigkeiten; zum Umsteuern dient ein offener und ein gekreuzter Riemen. Die Riemenscheiben sind aus Leichtmetall; das Tischgetriebe hat Schrägverzahnung. Die Maschine ist mit zwei Querbalken- und einem Ständerschlitten ausgerüstet, die unabhängig voneinander arbeiten. Der Querbalken wird an den Ständern durch eine Handkurbel festgeklemmt, Abb. 8. Eine Spindel *a* verschiebt die Klemmbacken *b* und klemmt mittels der Rollen *c* die Klemmhebel *d* fest.

Abb. 9 und 10 zeigen eine neue Hobelmaschine von Schiess-Defries, A.-G., Düsseldorf, für 7500 mm Hobellänge, 3500 mm Hobelbreite und 3000 mm Durchgang; das Bett hat drei Gleitbahnen. Der schwere, in einem Stück gegossene Tisch ist 2800 mm breit und wird durch zwei Stahlzahnstangen bewegt. Ein Gleichstrom-Nebenschluß-Umkehrmotor von 40 PS und 275 bis 825 U/min dient zum Hauptantrieb. Die beiden Schlitten am Querbalken und der Schlitten am rechten Ständer arbeiten unabhängig voneinander.

Abb. 10

Die Schnellverstellung der Schlitten und des Querbalkens treibt ein besonderer Motor von 10 PS oben auf dem Querhaupt an. Ein weiterer Motor von 0,34 PS Leistung treibt die Pumpe für die Druckschmierung der Antriebräder und der Bettbahnen.

Mit dieser Maschine, die eine Schnittkraft von rd. 15 000 kg zuläßt, kann man im Vor- oder Rückgang Tischgeschwindigkeiten von rd. 8 bis 24 m/min und Schaltvorschübe von 0,5 bis 20 mm erreichen.

Damit man solche schweren Hobelmaschinen, besonders dort, wo große Längen zu hobeln sind, gut ausnutzen kann, erhalten sie einen besonderen Seitenständer, der zwischen Maschinenmitte und Bettende auf einer Platte verschiebbar ist. Dadurch wird es möglich, auch Werkstücke, die breiter sind als die Durchgangsbreite zwischen den beiden Hauptständern, zu bearbeiten.

[B 1450]

Untersuchungen über die Entgleisungsgefahr von Drehgestellen in Gleiskrümmungen

Die Symington & Son-Werke in Baltimore haben das Verhalten von Drehgestellen verschiedener Bauart in Krümmungen auf einer zu diesem Zweck gebauten Versuchsstrecke untersucht. In den Versuchswagen wurden der Reihe nach Drehgestelle ohne und mit seitlicher Verschiebbarkeit eingebaut; der Wagen von rd. 55 t Gewicht wurde in die Krümmung gefahren, und, da es sich um statische Untersuchungen handelte, in der Krümmung angehalten. Die Ausbiegungen der Schiene und das Aufsteigen des anlaufenden Rades wurden jeweils gemessen und daraus Schlüsse auf die Entgleisungsgefahr gezogen. Es ergab sich, daß diese bei großer Verschiebbarkeit des Drehgestells gegen den Wagenoberteil und bei geringer Seitenverschiebbarkeit der Achsen am größten ist.

Weitere Versuche dienten zur Ermittlung der beim Einfahren in die Krümmung auf das anlaufende Rad wirkenden Kräfte, die mittels Dynamometer gemessen wurden. Man wollte vor allem hierbei ermitteln, wie sich die Größe der Kraft mit gleichmäßiger und ungleichmäßiger Verteilung des Ladegewichtes von rd. 40 t ändert. Bei gleicher Lastverteilung betrug die Anlaufkraft 200 kg, dagegen, wenn die Last in der Weise verteilt wurde, daß 17 vH auf die Innen- und 83 vH auf die Außenschiene entfielen, 250 kg. Hinsichtlich der Drehgestellbauarten ergaben sich auch hierin verschiedene Werte. („Railway Age" 27. Oktober 1928 S. 798*) [N 2273] Ro.

RUNDSCHAU

Schiffs- und Seewesen

Der schnellaufende Dieselmotor in der See- und Binnenschiffahrt[1])

Daß man der Entwicklung des schnellaufenden Dieselmotors für Schiffszwecke schon von Anfang an besondre Aufmerksamkeit zuwandte, hat darin seinen Grund, daß die Ersparnisse an Raum und Gewicht bei dieser Maschinenart besonders hervortreten, und daß der Dieselmotor als Verbrennungsmaschine die Grundlagen für den Schnellauf in sich birgt. Das Einführen von Luft und Brennstoff in den Zylinder und eine genügende Verbrennungsgeschwindigkeit lassen sich bis zu hohen Drehzahlen erreichen. Bei der Viertaktmaschine kann man genügende Ein- und Auslaßquerschnitte durch Vermehren der Ein- und Auslaßventile im Deckel schaffen. Auch bei der Zweitaktmaschine kann man durch entsprechendes Bemessen der Spül- und Auspuffschlitze bis zu hohen Spülzahlen mit wirtschaftlichem Spüldruck und geringem Brennstoffverbrauch arbeiten.

Besondere konstruktive Aufgaben bietet die bauliche Gestaltung des Schnelläufermotors, da große Steifigkeit, gute Zugänglichkeit und öldichter Abschluß verlangt werden. Von der A-Gestell-Bauart führt die Entwicklung zu der Bauart, bei der auf einem gemeinsamen kastenartigen Gestell einzelne Arbeitzylinder aufgesetzt sind. Eine größere Steifigkeit und bessere Kräfteführung ergibt die sogenannte Blockbauart, die bei den U-Bootmaschinen angewendet wurde. Hier sind die Zylinder zu einem Stück verschraubt und auf die gemeinsame Grundplatte aufgesetzt. Die beste Lösung ergibt aber die Bauart, Abb. 1 und 2, bei der stählerne Zuganker die Arbeitsdrücke am Zylinderdeckel oder an der Oberkante des Zylinderblocks aufnehmen und zu den Grundlagern leiten. Die Anker haben eine Vorspannung, die größer ist als der Verbrennungsdruck auf den Zylinderdeckel, so daß das eigentliche Maschinengestell nur auf Druck und niemals auf Zug beansprucht wird.

[1]) Auszug aus dem Vortrag von Dr.-Ing. W. Riehm, Augsburg, in der 7. Jahresversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt; vergl. „Werft, Reederei, Hafen" Bd. 9 (1928) Nr. 19 S. 395.

Wichtig ist bei der Schnelläufermaschine auch die Durchbildung des Triebwerkes, weil geringe hin- und hergehende Massen sowie große Steifigkeit der Kurbelwelle gefordert werden. Bei kleineren Leistungen finden Leichtmetalle für Kolben und Treibstange Verwendung. Die Kurbelwelle mit anschließender Wellenleitung und ihren Schwungmassen muß auf ihre Verdrehungsschwingungen und kritischen Drehzahlen eingehend vorausberechnet werden. Durch passende Bemessung der elastischen Längen und Massen kann man die Bereiche der Betriebdrehzahlen von kritischen Schwingungen freihalten. Äußere Mittel zum Ändern der kritischen Drehzahlen sind neben elastischen Kupplungen Reibungsschwungräder, Abb. 3, deren Schwungmasse nicht fest mit der Radscheibe verbunden, sondern mittels Reibflächen unter Federdruck mitgenommen wird. Beim Auftreten von großen Winkelbeschleunigungen innerhalb der kritischen Drehzahlen wird die Reibung überwunden und die Welle von der Schwungmasse frei. Infolgedessen wird die Resonanz gestört und das Auftreten größerer Ausschläge und gefährlicher Beanspruchungen vermieden. Als elastische Kupplung benutzt man vor allem die hydraulische Kupplung der Deutschen Schiff- und Maschinenbau-A.-G., Bremen und Hamburg[2]), bei der die starre Verbindung von Maschine und Wellenleitung entfällt und somit auch keine Schwingungen fortgeleitet werden. Die Übertragung der Leistung über eine Druckflüssigkeit bedingt hier einen Verlust, der im Mittel etwa 3 vH beträgt.

Die heutige Schnelläufermaschine umfaßt bereits einen weiten Leistungsbereich. Kleine Motoren mit Zylinderleistungen von rd. 10 PS ab bei 1000 U/min und mehr haben Einheitsgewichte von 10 bis 15 kg/PS Nutzleistung. Schnelläufer mit 50 PS Zylinderleistung bei 700 U/min wiegen ein-

[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1083.

Abb. 2 (rechts) Doppeltwirkender Zweitaktmotor in Zugankerbauart.

RZ 2081 Z1

Abb. 1 Einfachwirkender kompressorloser Viertaktmotor in Zugankerkonstruktion.

RZ 1081 Z3

Abb. 3 Reibungsschwungrad.

RZ 2081 Z2

Abb. 4
Flüssigkeitsgetriebe für das Motorschiff „St. Louis".

chließlich Schwungrad und üblichem Zubehör rd. 14 kg/PS. Diese Maschinengröße wird ebenso wie eine solche mit 00 PS Zylinderleistung bei 11 kg/PS Einheitsgewicht auch msteuerbar ausgeführt.

Mit der Entwicklung der schnellaufenden Viertaktmaschine hat die Zweitaktmaschine anfangs nicht Schritt ehalten. Erst die Schlitzspülung brachte hier einen Fortschritt, indem sie einfache Bauart der Maschine und wirtschaftlichen Brennstoffverbrauch bei niedrigem Spülluftdruck rmöglichte. Einen weiteren Fortschritt brachte der Übergang zur Doppelwirkung, die dem Schnellauf auch größere eistungen erschließt. Eine doppeltwirkende Zweitaktmaschine, Bauart MAN, die vom Bremer Vulkan, Bremen-Vegesack, für das Motorschiff „St. Louis" gebaut wurde, at mit sechs Zylindern 3150 PS Nutzleistung bei 225 U/min nd wiegt 35 kg/PS. Bei größeren Leistungen und luftloser Einspritzung kann man Einheitsgewichte von 25 kg/PS erreichen.

Der Schwerpunkt der Verwendung des Schnelläufermotors als Hauptmaschine bei Schiffen liegt in seiner Verbindung mit Übersetzungsgetrieben zwischen Motor und Schraubenwelle; dadurch wird die Maschinendrehzahl von er Schraubendrehzahl unabhängig, so daß für jeden Teil ie günstigsten Verhältnisse gewählt werden können. Die lektrische Übertragung hat in Deutschland bisher wenig nhänger gefunden. Dagegen liegen bereits viele Ausführungen mit mechanischer Übertragung vor. Bei großen Übersetzungsverhältnissen und mittleren Leistungen hat nan Schneckenradgetriebe mit hohem Wirkungsgrad verwendet, z. B. bei einem von der Rheinwerft Walsum der Gutehoffnungshütte gebauten Lloyd-Radschlepper von 245 t Wasserverdrängung.

Am häufigsten benutzt man aber Stirnradgetriebe, ie entweder starr oder mittels elastischer Kupplung mit em Motor verbunden werden. Beispiele für Ausführungen mit starrer Kupplung bieten u. a. die von Blohm & Voß, Hamburg, gebauten Motorschiffe „Monte Sarmiento", „Monte Olivia" und „Monte Cervantes". Der einwandfreie Zustand der Zahnräder dieser Schiffe nach 15 500 und 13 500 Betriebstunden beweist, daß diese Antriebart den Anforderungen des praktischen Betriebes gewachsen ist.

Die hydraulische Kupplung des Motors mit dem Getriebe bietet neben der Ausschaltung kritischer Schwingungen die Möglichkeit, durch Auffüllen oder Entleeren des Öles der Kupplungen, die betreffenden Maschinen während des Betriebes beliebig zu- oder abzuschalten. Auch diese Kupplung hat sich im praktischen Betriebe bewährt. Die größte Anlage dieser Art erhält das zur Zeit beim Bremer Vulkan, Bremen-Vegesack, im Bau befindliche Motorschiff „St. Louis" von 18 000 Br.-R.-T. Die Maschinenanlage besteht aus vier doppeltwirkenden Zweitaktmaschinen von je 3150 PS Nutzleistung, von denen je zwei über Vulkangetriebe, Abb. 4, eine gemeinsame Schraubenwelle mit 110 U/min antreiben. Das Schwesterschiff „Milwaukee" wird bei Blohm & Voß gebaut; hier werden Motor und Getriebe starr gekuppelt. [M 2081]

Zahlentafel 1
Schnittwiderstände beim Abdrehen

Meißelwinkel des Werkzeuges = 54°, Anstellwinkel = 6°,
Werkstoff: Deutsche Aluminiumlegierung,
Bestandteile: Aluminium, Zink und Kupfer;
Zugfestigkeit: 21,6 kg/mm², Brinellhärte: 112 kg/mm².

Nr.	Schnitt-tiefe t	Vor-schub s	Spanquer-schnitt q	Schnitt-wider-stand W	Vorschub-wider-stand V	Schnittge-schwindig-keit v	W/q
	mm	mm/U	mm²	kg	kg	m/min	kg/mm²
1	2,0	0,20	0,40	19	4	15,4	48,5
2	2,1	0,28	0,59	25	6	68,0	42,5
3	3,5	0,28	0,98	45	6	135,0	46,0
4	2,1	0,56	1,18	40	4	68,0	34,0
5	2,8	0,56	1,56	75	8	66,0	48,0
6	3,45	0,56	1,94	90	10	62,5	46,5
7	3,2	0,72	2,30	116	10	51,0	50,3
8	4,5	0,64	2,89	150	11	40,5	52,0
9	5,75	0,64	3,68	190	17	24,2	51,8
10	5,75	0,76	4,37	225	20	10,8	51,5
11	5,75	0,94	5,40	300	20	12,6	55,5
12	5,75	1,12	6,45	320	18	16,6	49,7
13	4,85	1,60	7,75	420	25	9,0	54,2
14	5,75	1,60	9,20	450	28	10,8	49,0
15	6,85	1,60	11,00	580	45	11,6	52,5
16	6,5	2,24	14,60	750	40	11,6	51,4

Werkzeugmaschinen

Wirkungsgradbestimmung an Werkzeugmaschinen

Die Bedeutung von Wirkungsgradbestimmungen an Werkzeugmaschinen wird zur Zeit im Gegensatz zu andern Gebieten des Maschinenbaues verhältnismäßig gering eingeschätzt. Mit Ausnahme der Arbeiten des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen von Prof. Schlesinger finden sich im Schrifttum nur ganz vereinzelte planmäßige Untersuchungen über Wirkungsgrade von Werkzeugmaschinen. In der Industrie wird der Schwerpunkt der Untersuchungen von Werkzeugmaschinen auf Genauigkeit und günstige Zerspanleistungen gelegt. Im allgemeinen wird hierbei die zu der entsprechenden Zerspanleistung erforderliche Antriebleistung nur durch Überprüfung der vom Elektromotor aufgenommenen Leistung oder des Leerlauf-Kraftbedarfs festgestellt. Die von Schlesinger angegebene „Tariermethode"[1]) wird in den seltensten Fällen durchgeführt. Ein andres Verfahren, bei Schnittversuchen die an der Schneide auftretenden Kräfte mit Hilfe von Schnittdruckmessern unmittelbar zu ermitteln, bürgert sich nur verzögert ein.

Grade die Ermittlung der tatsächlich auftretenden Kräfte ist für den Konstrukteur von Werkzeugmaschinen von größter Bedeutung. Die in den Hilfsbüchern angegebenen Werte für Schnittdrücke und Schnittgeschwindigkeiten entfernen sich zu weit von der Wirklichkeit, als daß sie dem Konstrukteur eine wirkliche Handhabe für die statische Berechnung der Werkzeugmaschine und für die richtige Bemessung des Antriebes geben können. Anderseits sind die Kosten für genaue Schnittdruckmessungen und daraus sich ergebende Wirkungsgradbestimmungen hoch und wirtschaftlich nur selten erträglich. Mit Hilfe des von Schlesinger entwickelten und von den Firmen Losenhausen und Mohr & Federhaff auf den Markt gebrachten Schnittdruckmessers kann man jedoch auch mit geringen Mitteln Aufschluß über die auftretenden Kräfte und erforderlichen Leistungen erhalten.

Ein praktisches Beispiel hierfür gibt Coenen[2]) an. Mit Hilfe eines Meßsupports von Losenhausen wurden an einer Einscheibendrehbank von Reinecker eine deutsche und

[1]) „Untersuchung einer Drehbank mit Riemenantrieb". Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Techn. Hochschule Berlin, Heft 1 Berlin 1912.

[2]) „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) Heft 17 S. 806: „Wirkungsgradbestimmung an einer Drehbank".

Zahlentafel 2
Schnittwiderstände beim Abdrehen

Meißelwinkel des Werkzeuges = 54°, Anstellwinkel = 6°;
Werkstoff: Amerikanische Aluminiumlegierung,
Bestandteile: Aluminium und Kupfer;
Zugfestigkeit: 15 kg/mm²; Brinellhärte: 75 kg/mm².

Nr.	Schnitt-tiefe t	Vorschub s	Spanquer-schnitt q	Schnitt-widerstand W	Vorschub-widerstand V	Schnittge-schwindig-keit v	W/q
	mm	mm/U	mm²	kg	kg	m/min	kg/mm²
1	3,6	0,10	0,36	14	4	200,0	39,0
2	3,0	0,24	0,72	28	8	53,0	39,0
3	3,0	0,30	0,90	31	11	74,5	34,5
4	2,5	0,40	1,00	40	12	35,4	40,0
5	2,5	0,48	1,20	50	10	35,4	41,8
6	2,3	0,80	1,84	80	10	36,0	43,5
7	5,1	0,40	2,04	80	14	46,5	39,2
8	2,3	0,96	2,20	105	12	36,0	47,8
9	9,0	0,40	3,60	190	40	32,0	52,8
10	4,25	0,90	3,80	175	14	31,7	46,0

eine amerikanische Aluminiumlegierung untersucht. Die Versuche gaben gleichzeitig Aufschluß über den Verlauf der Wirkungsgradkurven bei verschiedenen Belastungen und verschiedenen Schaltungen und über die Werte des spezifischen Schnittwiderstandes bei der deutschen und der amerikanischen Aluminiumlegierung.

Durch Zerlegung des Schnittdruckes in drei Zweigkräfte läßt sich die tatsächlich an der Schneide aufgewandte Zerspanungsleistung berechnen. Das Verhältnis zwischen dieser und der vom Antriebmotor und von der Drehbank aufgenommenen Leistung ergibt den Gesamtwirkungsgrad oder den Wirkungsgrad der Drehbank einschließlich des Riemens.

Die Wirkungsgrade der Drehbank sind in dem Originalaufsatz in einer Zahlentafel zusammengestellt; sie schwanken zwischen 32,8 und 78,8 vH. Die Gesamtwirkungsgrade der Maschine einschließlich des Elektromotors liegen entsprechend zwischen 26,8 und 63 vH. Als Ursache für die niedrigen Wirkungsgrade gibt Coenen an, daß weniger die Reibungsverluste in den Zahnrädern als die in den Hauptspindellagern entscheidend sind. Der Wirkungsgrad des Motors schwankt in dem untersuchten Belastungsbereich zwischen 53 und 82 vH.

Die absoluten und spezifischen Schnittwiderstände sind aus Zahlentafel 1 und 2 ersichtlich. Überraschenderweise stellt Coenen praktisch fast völlige Unabhängigkeit des spezifischen Schnittdruckes vom Spanquerschnitt fest. Der spezifische Schnittwiderstand beträgt bei der deutschen Legierung im Mittel 49 kg/mm² und bei der amerikanischen Legierung 42,4 kg/mm²; die deutsche Legierung ist aber besser bearbeitbar.

Demnach verhalten sich die Aluminiumlegierungen durchaus anders als Eisen- und Kupferlegierungen, bei denen der spezifische Schnittwiderstand mit zunehmendem Spanquerschnitt abnimmt. [N 2096] Dr. S.

Werkstoffprüfung

Federblech-Prüfgerät

In der feinmechanischen Industrie braucht man große Mengen von Federn aus Nichteisenmetallen, die man durch Ausstanzen aus Blechen oder Bändern herstellt. Als Werkstoffe verwendet man Bronze, Neusilber, Nickelin und Messing, und zwar vorwiegend in Dicken von 0,2 bis 1 mm.

Zur Beurteilung der Brauchbarkeit der Federwerkstoffe ist die Kenntnis des Elastizitätsmoduls und der Federungsgrenze notwendig. Um diese Größen in bequemer und praktisch hinreichend genauer Weise zu bestimmen, wurde das Federblech-Prüfgerät, Abb. 5, durchgebildet. Das Gerät ist nach dem Grundsatz des Freiträgers aufgebaut, da dieser Fall praktisch am häufigsten vorkommt. Als Probe verwendet man einen 10 mm breiten Streifen aus dem Federwerkstoff, der mit einem Blockschnitt ausgestanzt ist, um zusätzliche Beanspruchungen zu vermeiden. Für den Freiträger gelten die Formeln:

RZ 1868 Z1

Abb. 5. Federblech-Prüfgerät.

$$E = \frac{4\,P}{b\,f}\,\frac{l^3}{h^3} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1)$$

und

$$k_b = \frac{1{,}5\,f\,h}{l^2}\,E \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2)$$

darin ist:

E Elastizitätsmodul in kg/mm²,
k_b Federungsgrenze in kg/mm²,
P Belastung am freien Ende in kg,
b, h Breite und Dicke der Feder in mm,
l freie Länge der Feder in mm,
f Durchbiegung des freien Endes in mm.

Um die Messung von E möglichst einfach zu gestalten, sind beim Federblech-Prüfgerät die Größen P, b und $\frac{l}{h}$ für alle Blechdicken die gleichen, so daß in diesem Falle die Durchbiegung dem Elastizitätsmodul umgekehrt proportional wird: E = konst. Um ferner jede Rechnung zu vermeiden, ist in dem Mikroskop, in dem man die Durchbiegung f in mm ablesen kann, außerdem noch eine Teilung für E angebracht, Abb. 6. Nach dem ordnungsmäßigen Einspannen des Streifens und Anhängen des Gewichtes P kann also E sofort in kg/mm² abgelesen werden.

Der Bestimmung der Federungsgrenze liegt Gl. (2) zugrunde, wobei im Federblech-Prüfgerät die Größe $\frac{h}{l^2}$ für alle Dicken den gleichen Wert hat und ε unveränderlich = 10 000 kg/mm² angenommen wird. Infolgedessen ist die Biegebeanspruchung der Durchbiegung unmittelbar verhältnisgleich. Steigert man diese stufenweise, so erreicht man schließlich einen Wert, bei dem die Probe nicht mehr vollkommen in die Ausgangstellung zurückgeht. Dieser Wert der Beanspruchung, der der Streckgrenze beim Zugversuch zu vergleichen ist, ist die gesuchte Federungsgrenze. Zur zuverlässigen Feststellung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, nicht nur e i n e Durchbiegung auf jeder Belastungsstufe vorzunehmen, sondern möglichst viele. Für die praktischen Verhältnisse haben sich 50 Durchbiegungen als ausreichend erwiesen, da noch größere Zahlen die Versuchsdauer erheblich verlängern würden. Im Federblech-Prüfgerät wird die Probe selbsttätig und mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gebogen.

Der so erhaltene Wert der Federungsgrenze, der in kg/mm² unmittelbar an einer Skala abgelesen werden kann, bedarf noch einer Berichtigung nach dem gemessenen Elastizitätsmodul, da der Teilung, wie erwähnt, der angenommene Wert von 10 000 kg/mm² für E zugrunde liegt. Die wirkliche

Abb. 6
Ablesung des Elastizitätsmoduls an der Skala.

derungsgrenze wird aus dem abgelesenen Wert durch ultiplikation mit dem Faktor $\frac{E_{\text{gemessen}}}{10\,000}$ erhalten, die nzige noch erforderliche Rechenarbeit, deren Umgehung rmieden wurde, da sie das Gerät verwickelt gestaltet hätte.

Beim Federblech-Prüfgerät treten ziemlich beträchtliche urchbiegungen der Probe auf, während die angewendeten ormeln nur für relativ kleine Durchbiegungen streng lten. Indes haben eingehende Versuche gezeigt, daß die enauigkeit innerhalb der durch die Konstruktion geeckten Grenzen völlig ausreicht, da die Verhältnisse in r Praxis, namentlich bezüglich der genauen Festlegung r Einspannstelle, viel größeren Schwankungen und Unnauigkeiten unterworfen sind.

Wichtig für die sichere Festlegung der Federungsgrenze t die Wahl der zulässigen Durchbiegung, für die die Fedengsgrenze als erreicht gilt. Da die Federwerkstoffe hart walzt sind, haben sie keine ausgesprochene Streck- oder ließgrenze. Man ist daher wie beim Bestimmen der Fließenze auf die Annahme einer kleinen bleibenden Verlängeng oder Durchbiegung angewiesen. Sie beträgt beim ederblech-Prüfgerät 0,1 mm; und dieser für alle Dicken eiche Wert entspricht gemäß der Konstruktion immer der eichen restlichen Spannung, durch die man sich die bleinde Durchbiegung hervorgerufen denken kann.

Bei der Messung mit dem Federblech-Prüfgerät[1]) erhält an keine mehr oder weniger willkürlichen Vergleichserte, sondern die Größen, die zur Berechnung der Federn forderlich sind. Während man den Elastizitätsmodul nun nmittelbar in die Formeln der Festigkeitsrechnung eintzen kann, wird man den Wert für die Federungsgrenze och mit einem Sicherheitsfaktor versehen müssen, der der äufigkeit und Art der Beanspruchung der Federn im fergen Gerät oder Konstruktionsteil Rechnung trägt.

Um diesen Sicherheitsfaktor zu bestimmen, muß man it Federn bei den verschiedenen Beanspruchungen Dauerrsuche anstellen, zu denen man das Federblech-Prüfgerät ich benutzen kann. Da dieses aber nur eine einzige Probe ifnehmen kann, ist es zweckmäßiger, besondere Daueriifeinrichtungen hierfür zu verwenden. Derartige Dauerrsuche haben nun ergeben, daß beim Wechsel zwischen 0 id der Höchstbeanspruchung eine gerade, glatte Feder ele Millionen von Durchbiegungen erträgt, wenn die ichste Beanspruchung nicht größer ist als zwei Drittel r mit dem Federblech-Prüfgerät ermittelten Federungsenze, daß aber bei höheren Werten ein Nachlassen oder rzeitiger Bruch schon merklich früher einsetzt. Für geöpfte oder anderweitig gebogene Federn ist der Sicheritsfaktor noch kleiner zu wählen, anderseits kann man it der Beanspruchung fast bis zur Federungsgrenze gehen, enn die Feder nur ruhende Belastung ertragen soll.

Von besonderer Bedeutung sind jedoch die Eigenspanngen im Federwerkstoff, die durch das Kaltwalzen auf ederhärte entstanden sind, und die die Federungsgrenze ißerordentlich stark erniedrigen. Daher kommt es z. B., iß Federbleche, die unmittelbar nach dem Walzen geprüft erden, sehr geringe Werte für die Federungsgrenze zeigen. a die Eigenspannungen im Laufe der Zeit stark abnehmen, inn man nach längerem Lagern der Bleche eine nicht nerhebliche Erhöhung der Federungsgrenze feststellen. Im eichen Sinne wirken auch Erschütterungen und Anlassen. Namentlich durch Anlassen bei etwa 200 °C werden cht beträchtliche Erhöhungen der Federungsgrenze ericht, ohne daß die Festigkeit oder die Brinellhärte beeinißt wird, weshalb man hoch beanspruchte Federn, natürch solange sie keine Vorspannung haben, stets anlassen llte. Die mit angelassenen Federn angestellten Dauerrsuche haben die Ergebnisse der Federblechprüfung vollif bestätigt.

Die Vorteile der Prüfung der Federbleche mit dem rüfgerät sind:

1. Rasche und ausreichend genaue Bestimmung der für die Federn kennzeichnenden Größen: Elastizitätsmodul und Federungsgrenze;
2. keine willkürlichen Vergleichswerte, sondern Werte, die unmittelbar zur Berechnung der Federn in die Festigkeitsformeln eingesetzt werden können;
3. weitgehende Vermeidung der Rechenarbeit.

Die Prüfung der Federbleche mittels dieses Gerätes irfte nicht nur für den Verbraucher von Vorteil sein, ndern auch für den Erzeuger, der damit die günstigsten uswalzungen und Anlaßtemperaturen leicht ermitteln und e Fertigung von Federblechen mit gleichbleibenden Eigenhaften, der wichtigsten Bedingung für die Massenfertiing, auf eine sichere Grundlage stellen kann. [M 1866]

Berlin R. Müller

[1]) Vergl. Z. f. Feinmechanik und Präzision Bd. 32 (1924) S. 47.

Abb. 7
Gegenstrommischer mit zwei Mischsternen, Leistung rd. 50 m³/h bei 1000 l Nutzraum.
Buchstabenerklärung s. Abb. 9.

Verarbeitende Industrien

Gegenstrommischer

In vielen verarbeitenden Industrien hängt vom guten gleichmäßigen Mischen nicht allein die Güte der Fertigware, sondern auch die Wirtschaftlichkeit des gesamten Arbeitsganges ab; denn ungenügendes Mischen erhöht den Verbrauch an Mischgut und wirkt auch nachteilig auf alle folgenden Arbeiten. Besonders wichtig ist das Mischen im Baugewerbe, in der keramischen Industrie, beim Mischen von Farben und bei der Glasbereitung.

Eine Mischmaschine mit eigenartiger Arbeitsweise der Maschinenfabrik Gustav Eirich, Hardheim, Baden, zeigen Abb. 7 und 8. Sie besteht aus einem Mischteller *a* und zwei Mischsternen *d* und *e*. Der auf Tragrollen *b* laufende Mischteller *a* wird von zwei Ritzeln *i* angetrieben und dreht sich entgegen den ebenfalls umlaufenden Mischsternen, deren Schaufeln die ganze Fläche bestreichen. Den Mischvorgang und die Anordnung bei zwei Mischsternen zeigt Abb. 9. Durch die besondere Wahl des Drehpunktes der Mischsterne erreicht man, daß das Mischgut gleichmäßig und schnell verarbeitet wird. Soll das Mischgut gleichzeitig geknetet und zerrieben werden, so kann man zwei oder vier von den Mischschaufeln gegen Kollerwalzen auswechseln.

Die aus Manganstahl hergestellten Schaufeln und Abstreifer sind federnd befestigt, so daß sie etwaigen Fremdkörpern im Mischgut ausweichen können. Mittels eines Anschlages werden sie so eingestellt, daß sie sich vom Mischteller etwas abheben, Abb. 10. Eine zentrisch angeordnete kreisrunde Platte *c*, Abb. 8, gestattet, das fertig

Abb. 8
Schema des Antriebes für Mischteller und Mischsterne.

Abb. 9
Schematische Darstellung des Mischvorganges bei zwei Mischsternen.

Zu Abb. 7 bis 10:

a Mischteller
b Tragrollen
c Auslauf
d, e Mischsterne
f Federgehäuse
g Wandabstreicher, feststehend
h Ablenkschaufel, feststehend
i Antriebritzel für den Mischteller

Abb. 10
Gegenstrommischer mit exzentrisch zum Mischteller arbeitenden Mischsternen.

verarbeitete Gut vom Mischteller während des Betriebes abzulassen, wobei die Schaufeln mitwirken. Die Maschine kann also sowohl beim Füllen als auch beim Entleeren weiterlaufen.

Sollen staubbildende Stoffe verarbeitet werden, so schließt man Mischteller und Beschickvorrichtungen, die ähnlich wie bei Trommelmischern gebaut sind, staubdicht ein. Der Mischteller kann auch für Dauertemperaturen bis 400° heizbar eingerichtet werden, so daß man darauf auch trocknen und rösten kann. Beim Mischen von säurefestem Beton ist z. B. hohe Temperatur notwendig. Bei Maschinen von 500 l Nutzraum beträgt der Kraftbedarf im allgemeinen 13 bis 15 PS, wobei die Mischsterne 165 U/min und der Mischteller 23 U/min machen. Die Mischdauer beträgt bei Beton und Glasgemenge etwa 3 bis 4 min; bei Glasgemengen betragen die Mischfehler 0,1 bis 0,2 vH.

Vergleichende Versuche mit Betonmengungen in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart haben bei sorgfältig hergestellten Handgemischen nach einer Trockenzeit von 28 Tagen im Mittel 262 kg/cm² Druckfestigkeit ergeben. Dagegen wurde bei Gemischen, die 1 min lang mit dem Gegenstrommischer (⅙ min trocken, ⅚ min naß) bearbeitet wurden, eine Druckfestigkeit von 369 kg/cm² erzielt. Mischte man aber 3½ min (1 min trocken, 2½ min naß), so stieg die Druckfestigkeit im Mittel auf 485 kg/cm². Weitere Erhöhung der Mischdauer hatte keinen Erfolg, eher trat eine geringe Verschlechterung des Gemenges ein. Die beste Mischdauer muß also für ein bestimmtes Gut jeweils bestimmt werden. [M 1897] Schwenninger

Gesundheitsingenieurwesen

Arbeit und Gesundheitspflege

Zwei überaus wichtige Fragen bildeten den Gegenstand der Beratung bei der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene am 11. und 12. September 1928 in Dresden: die Frauenarbeit und die Beziehungen zwischen Arbeit und Sport. Nachdem der Vorsitzende, Geheimrat Dr. A. von Weinberg, Frankfurt a. M., die stattliche Versammlung begrüßt und einen kurzen Überblick über die Arbeit im abgelaufenen Jahre gegeben hatte, wies Ministerialdirektor Dr. Kittel, Dresden, als Vertreter der sächsischen Regierung darauf hin, daß Gewerbeaufsicht ohne Ärzte heute nicht mehr möglich sei und daß man in Sachsen demnächst in jedem Regierungsbezirk einen Gewerbearzt haben werde, nachdem man im Jahre 1919 mit Einstellung eines Landesgewerbearztes den Anfang gemacht habe.

Das Verhandlungsthema des ersten Tages war

die Frauenarbeit.

Geheimrat Prof. Dr. Thiele, Dresden, gab einführend einen Überblick über die Bedeutung der Frauenarbeit; er wies an Zahlen nach, wie sehr die Berufsarbeit der Frau gegenüber der Vorkriegzeit zugenommen hat und infolge der wirtschaftlichen Verhältnisse und der Kriegsfolgen zunehmen mußte. Im Lebensalter von 30 bis 35 Jahren kommen auf 1000 Männer 1300 Frauen. Mußte früher jede fünfzigste Frau ehelos bleiben, so ist jetzt jede dritte auf sich selbst gestellt. So stehen den 20,5 Mill. erwerbstätigen Männern 11,5 Mill. erwerbstätige Frauen gegenüber, während vor dem Kriege nur 9½ Mill. Frauen einen Beruf ausübten. Gegenüber dem Jahre 1907 hat die Zahl erwerbstätiger Frauen sich gar verdreifacht. In Sachsen ist gegenwärtig ein Drittel aller Arbeiter weiblichen Geschlechts; besonders groß ist der Anteil in der Textilindustrie.

Obwohl die ständig zunehmende Mechanisierung der Betriebe schwere Arbeit mehr und mehr der Maschine zuweist und damit erst die Möglichkeit für eine so weitgehende Verwendung der Frau geschaffen hat, ist doch der Einfluß der Berufsarbeit auf die Gesundheit äußerst ungünstig. Nach Ermittlungen der Ortskrankenkasse Berlin kommen auf 100 Männer jährlich 59,18 Erkrankungen, auf 100 Frauen dagegen 72,82; ihre Erkrankungsziffer ist also um 22,5 vH größer. Vor allem aber ist die mittlere Krankheitsdauer bei den Frauen fast dreimal so groß wie bei den Männern. Frauenärzte haben zudem festgestellt, daß Erkrankungen bei berufstätigen Frauen fünf- bis achtmal so häufig sind wie bei andern Frauen.

Besonders zu beachten ist, daß 40 vH der erwerbstätigen Frauen verheiratet sind. Bei ihnen tritt also zu der an sich schon schweren Arbeit im Betriebe noch die hohe Beanspruchung als Frau und Mutter. Die unausbleibliche Folge aber ist ein starker Rückgang der Geburtenziffer, die sich noch viel unheilvoller auswirken würde, wenn sich nicht auf der andern Seite die wahrscheinliche Lebensdauer (Lebenserwartung) sowohl bei Frauen wie bei Männern allgemein und dauernd besserte.

Der Vortragende schloß mit der dringenden Mahnung, alle Kräfte einzusetzen, um die Frauenarbeit so zu regeln, daß Frau und Volk dabei bestehen können, denn „Frauengesundheit ist Volksgesundheit".

Frau Dr. E. Krüger, Dresden, die als Ärztin die Stelle eines Regierungsgewerberates bekleidet, gab Erfahrungen bekannt, die sie bei ihrer Tätigkeit in einem stark mit Textilindustrie durchsetzten Dienstbezirk gemacht hat. Die Arbeitsteilung hat wohl zu einer Entlastung von Muskelarbeit geführt, dafür aber stellt die heutige Fertigungsweise überaus hohe Anforderungen an Schnelligkeit, Intensität, Gleichförmigkeit: die Arbeit wird zur Nervenarbeit. Aber auch körperliche Anspannung, z. B. beim Lastenheben und -tragen, ist lange nicht in allen Betrieben mechanischen Einrichtungen übertragen. Ermüdend wirkt vielfach auch die Bedienung der Maschine, z. B. des Webstuhles; Arbeiterinnen an Kammgarn-Selfaktoren müssen oft ganz erhebliche Wege an ihrer Maschine zum Anknüpfen der Fäden zurücklegen. Ermittlungen haben hier z. B. eine tägliche Weglänge von 23 km ergeben. Alles in allem ergeben sich starke und gesundheitsschädliche Anforderungen durch die Arbeit im Betriebe. Nun kommen aber bei etwa der Hälfte der Frauen noch die Hausfrauen- und Mutterpflichten hinzu, also eine dreifache Belastung, die nicht ohne seelische Rückwirkungen getragen werden kann. Besonders schlimm liegt der Fall, wenn zu allem übrigen eine Schwangerschaft hinzutritt.

Die Berufsarbeit der Frau kann eben nicht als ein Problem für sich angefaßt werden, sondern man muß immer die Gesamtleistung der Frau berücksichtigen. Die Betriebe müssen daher alle nur irgendmöglichen Vorkehrungen treffen, um die betriebliche Arbeit zu erleichtern.

Über die Beziehungen zwischen Frauenarbeit und Schwangerschaft sprach Privatdozent Dr. H. Küstner, Leipzig. Er ging aus von den Atzlerschen Untersuchungen, behandelte dann die Veränderungen, denen der Körper der Frau bei der Schwangerschaft unterworfen ist, zeigte, wie der Kalorienverbrauch beim Gehen und Stehen erheblich zunimmt, machte Angaben über die Krampfaderbildung bei den verschiedenen Berufen und erörterte die sonstigen physischen und psychischen Störungen. Im zweiten Teil seiner Ausführungen untersuchte er die Folgen zu starker Reize in der Zeit vor der Entbindung, zeigte, wie diese das Gewicht des Kindes ungünstig beeinflussen, während das Ausruhen von beruflicher Arbeit und normale leichtere Hausarbeit günstig einwirkt. Volle Untätigkeit der Schwangeren in den letzten Monaten ist durchaus nicht von Vorteil, sondern führt zum Verfall der Muskulatur, zu erschwerter Geburt und vermehrter Neigung zu seelischer Depression.

Die Reichstagsabgeordnete Frau M. Juchacz, Berlin, beschäftigte sich mit dem Thema „Die berufstätige Frau". Sie stellte ihren Ausführungen den Satz voran, daß die Frauenarbeit heute eine volkswirtschaftliche und privatwirtschaftliche, also auch eine soziologische Notwendigkeit

worden ist. Es sei daher nutzlos, seine Bemühungen auf seitigung der Frauenarbeit zu richten. Man solle vielhr alle Kräfte anspannen, um die Frauenarbeit zu erchtern und die schädlichen Begleiterscheinungen zu min-n. Ferner ging sie besonders auf die Wohnungsnot ein d verlangte, was für den Ingenieur bedeutungsvoll ereint, daß noch viel mehr als bisher in der Mechanisierung Haushaltes zur Entlastung der verheirateten Arbeiin geschehen müsse. Mit Recht forderte sie, daß sich auch männlichen Glieder einer Familie an den häushen Arbeiten kameradschaftlich beteiligen sollten. Sie g weiter ein auf die Verhältnisse der Hausangestell-, behandelte die Unterhaltung von Kindergärten, Volksrks, Spielplätzen u. a. Erholungsmöglichkeiten und meinte n Schluß, daß die gesetzgebenden Körperschaften nicht ückschrecken dürften vor weitgehenden sozialpolitischen ßnahmen, auch wenn sie große Mittel beanspruchten.

Als letzter Redner sprach Direktor Leifer von Siens & Halske. Er nannte zunächst die Maßnahmen, die eignet sind, die körperliche Beanspruchung der Frau auf Mindestmaß zu bringen. Diese Maßnahmen sind:

1. geeignete Auswahl und Prüfung vor Arbeitsbeginn,
2. Ausbilden und Anlernen,
3. Auflösung schwieriger Arbeitsgänge in leichtere Arbeitstufen,
4. zweckmäßige Ausbildung der Arbeitsplätze,
5. Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit,
6. Schutzvorrichtungen zur Unfallverhütung,
7. angemessene Pausenreglung.

einer großen Zahl treffend ausgewählter Lichtbilder nnte Direktor Leifer zeigen, daß in gut geleiteten Beeben heute schon ein großer Teil der von den Vorrednern stellten Forderungen erfüllt ist. Die von ihm selbst aufstellten sieben Richtlinien belegte er durch eine Fülle n guten Beispielen aus den Werken des Siemens-Konns, der AEG, von Osram usw.

Am zweiten Verhandlungstag wurde das Thema

Arbeit und Sport

örtert. Ministerialrat Dr. Mallwitz, Berlin, behante das Thema vom Standpunkt des Sportarztes. Er ging s von der Äußerung, die Karl Friedrich von Siemens Genf getan habe, daß es unser Streben sein müsse, die benshaltung des Einzelnen zu heben. Wenn in Deutschd 4 Milliarden ℛℳ jährlich für Soziallasten aufgebracht rden, so ist vor allem zu fordern, daß man mehr als bisg dafür aufwendet, daß der gesunde Mensch gesund erhal- wird. Diese Maßnahmen vorbeugender Natur haben on seit 1870 ständig Verbesserungen erfahren. Die wahreinliche Lebensdauer ist bei Männern bis zum Jahre 1910 n 35 auf 44,8 Jahre, bei Frauen von 38,45 auf 48,33 geegen. Planmäßiger Turn- und Sportbetrieb ist dringend orderlich, um die Gesundheit trotz den vielfach ungüngen Arbeitsverhältnissen zu erhalten. Arbeitgeber und beitnehmer müßten hierbei zusammenarbeiten.

Wenn berücksichtigt wird, daß für Alkohol und Tabak in Deutschland jährlich 7 Milliarden ℛℳ ausgegeben werden, ist der Wunsch nicht unberechtigt, auch für die Pflege von Turnen und Sport namhafte Beträge aufzuwenden. Nicht nur Körperkraft solle hierdurch gebessert, sondern vor allem auch die Tatkraft und die Unfallsicherheit gehoben werden. Ebenso ist erwiesen, daß der sportgestählte Körper viel weniger empfindlich für Krankheiten sei.

Zum Schluß führte der Vortragende aus, welche Stellen und Körperschaften sich heute schon mit der Förderung von Leibesübungen befassen.

Zum gleichen Thema sprach als zweiter Dr. Klinge, Berlin. Arbeit und Sport sind beide gleichermaßen Leistungen des Gesamtorganismus, nicht des Körpers allein. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden ist der, daß Arbeit im Kampf ums Dasein häufig ohne innere Anteilnahme geleistet, während der Sport, frei gewählt, meist mit Hingabe ausgeübt wird. Wesentlich ist beim Sport die Ablenkung von den Sorgen des Alltags. Er soll den ganzen Menschen, nicht nur den Körper erfassen. Vor allem soll die Seele hierbei mitschwingen.

Besondere Bedeutung hat der Sport für die heranwachsende Jugend. Es ist daher die Pflicht aller derer, denen die Erziehung der Jugend in die Hand gegeben ist, für sportliche Betätigung zu sorgen. Der Sport, immer in menschlicher Gemeinschaft ausgeübt, erzieht zur Kameradschaft, zur Unterordnung des eigenen Ich, zur Ordnung und Hilfsbereitschaft. Er läßt in dem Menschen die durch den Kulturfirnis zurückgehaltenen gesunden Urtriebe wieder lebendig werden und lehrt gleichzeitig die Selbstzucht, den Einfluß dieser Triebe zu überwinden. Die höchste Form der Selbstzucht zeigt sich im Training, d. h. in der auf ein besonders hohes Ziel gerichteten Arbeit, in der freiwilligen Übernahme von Verpflichtungen. So wird der Sport, richtig betrieben, ein Ausgleichfaktor und trägt in weitem Umfange bei zu einer richtigen Menschenbildung.

Eine sehr ausgiebige Aussprache schloß sich an die Vorträge an. Dr. Schmidt, Würzburg, machte nähere Angaben über seine Untersuchungen der Erschöpfung nach körperlicher Arbeit, die wesentlich erscheinen, um Überanstrengung zu vermeiden. Weiter bildete die Frage: Gipfel- oder Massensport, den Gegenstand von Meinungsäußerungen.

Am Nachmittage des zweiten Tages wurden mehrere kurze Berichte über neuere wichtige Beobachtungen und Arbeiten auf dem Gebiete der Gewerbehygiene erstattet. In erster Linie kamen hier Gewerbeärzte und Gewerbeaufsichtsbeamte zu Wort.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Tagung wertvolle Anregungen gebracht hat. Vom Standpunkt des Ingenieurs aus wäre durchaus zu wünschen, daß sich weit stärker als bislang Ingenieure an der Arbeit der Gesellschaft beteiligen; denn ohne die tätige Mitarbeit der im Betriebe verantwortlichen Personen werden die schönsten Bestrebungen des Gewerbehygienikers mehr oder weniger unwirksam bleiben müssen. [N 2053]

Berlin Kothe

Kleine Mitteilungen

Hochdruck-Dampfanlage mit Kolbenmaschinen

Die Firma Philip Carey Mfg. Co., Lockland, O., die lierstoffe für Hochdruck-Dampfleitungen aus Asbest und gnesia erzeugt, hat eine bemerkenswerte Neuanlage in ftrag gegeben, von der ein Teil in Deutschland gebaut rden soll. Die Kessel für 126 at Betriebsdruck mit Speisesservorwärmern, wassergekühlten Feuerkammern und erhitzern erhalten Kohlenstaubfeuerung und werden von Combustion Engng. Corp., New York, geliefert; sie len zwei stehende Dreifachexpansions-Dampfmaschinen eisen, die bei 100 at Anfangsdruck und 425 ° Anfangsnperatur des Dampfes sowie 4,2 at Gegendruck je 6000 PS 225 U/min leisten können. Die Maschinen, die wohl größten Gegendruckmaschinen der Welt werden dürften, d bei A. Borsig, Berlin-Tegel, bestellt worden. Sie erlten je zwei Hochdruckzylinder von 360 mm und zwei tteldruckzylinder von 540 mm Dmr. in Schmidtscher Andnung und je einen Niederdruckzylinder von 850 mm nr. bei 650 mm Hub. („Power“ 30. Oktober 1928 S. 737) [N 2272 a] H.

Metalle für Dampfturbinenschaufeln

Messing ist für überhitzten Dampf wegen der geringen derstandfähigkeit gegen Anfressungen in den Niederdruckfen und wegen seiner geringen Werkstoffestigkeit uneignet. Man kann Messing in den Mitteldruckstufen von rbinen nur unter Berücksichtigung der Festigkeitseigenhaften verwenden. Nickelbronze und Kupfernickel verhalten sich etwas günstiger als Messing und können bis 350 ° benutzt werden; sie werden aber leicht angegriffen. Ihre Zerreißfestigkeit und ihre Elastizitätsgrenze machen ihre Verwendung in den Mittelstufen möglich. Nickelkupfer oxydiert in den gewöhnlichen Temperaturen nur wenig, wird aber in überhitztem Dampf bei 400 °C rasch zerstört.

Stahl mit 5 vH Ni ist ein ausgezeichneter Werkstoff für Turbinenschaufeln in allen Druckstufen, da er bei hohen Temperaturen und nicht zu hoher Luftleere beständig und widerstandfähig gegen Anfressen ist. Gegen Seewasser ist er nur wenig widerstandfähig. Stahl mit 25 bis 36 vH Ni ist für Dampfturbinenschaufeln ungeeignet. Stahl mit 13 vH Cr und ähnliche Stähle kann man gut für die Hochdruckstufen gebrauchen, wenn die Temperaturen nicht zu hoch sind. In den Mitteldruck- und Niederdruckstufen verwendet man diese Legierung nicht. („The Blast Furnace and Steel Plant“ September 1928 S. 1211, Oktober 1928 S. 1337) [N 2272 b] Ste.

Vergleich zwischen Hand- und selbsttätiger Feuerungsregelung

Der Vergleich wurde an den drei 3850 m²-Dampfkesseln des Beacon Street-Heizwerkes in der Weise durchgeführt, daß die Kessel im vergangenen Winter abwechselnd zwei Wochen mit und zwei Wochen ohne selbsttätige Regelung betrieben wurden. Die Dampfkessel der Bauart Stirling W für 10,5 at verdampfen je 180 000 kg/h. Jeder Kessel hat zwei Unterschubstoker mit je 14 Kammern und gemeinsamer

Aschengrube. Die Kessel haben weder Überhitzer noch Speisewasservorwärmer. Als Ausgangspunkt für die Regelung dient der Dampfdruck in der Sammelleitung. Jeder Kessel hat einen von der gemeinsamen Vorsteuerung abhängigen Lastregler, ferner zwei Regler für die Stokergeschwindigkeit, zwei für die Menge der Verbrennungsluft und einen für den Druck im Feuerraum.

Die Verbrennung war bei selbsttätiger Regelung nur wenig besser als bei richtiger Handregelung, es ist aber bei selbsttätiger Regelung nicht so schwer, längere Zeit hindurch gute Verbrennung aufrechtzuerhalten. Die selbsttätige Regelung des Dampfdruckes bietet daneben in großen Kesselhäusern Vorteile. Auch die Beherrschung des Druckes im Feuerraum durch den Feuerungsregler ist wertvoll. Die Wirkung der selbsttätigen Regler muß aber, besonders bei starken Schwankungen der Belastung, mit der Hand berichtigt werden. („Power" 30. Oktober 1928 S. 710*) [N 2272 c] Le.

Ofen zum Verkohlen von Holz

Zusammen mit Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Holzkohlengas für den Betrieb von Lastkraftwagen hat man in Frankreich einen tragbaren Ofen zur Herstellung von Holzkohle durchgebildet. Der Ofen besteht aus einer zylindrischen Außenwand mit einem oberen Abschlußdeckel und einem Schlot in der Mitte, um den das zu verkohlende Holz geschichtet wird. Zum Befördern kann man den Ofen in einzelne Teile von 50 bis 80 kg zerlegen.

In dem Ofen kann man auch grünes Holz verkohlen. Die Ausbeute an Holzkohle beträgt bei Laubholz 18 bis 20 vH des Gewichts des grünen und 20 bis 24 vH des Gewichts des trockenen Holzes. Nadelholz soll bei Verkohlung im Meiler bessere Kohle liefern als im Ofen. Versuche, Torf in dem Ofen zu verkohlen, hatten ebenfalls ein gutes Ergebnis. Aus 100 kg Torf sollen 32 kg Kohle gewonnen worden sein, und die Vergasung der Torfkohle soll sich im Lastwagenbetrieb ebenso gut bewährt haben wie die von Holzkohle. („Schweizerische Bauzeitung" 10. Nov. 1928 S. 242*) [N 2272 f] Schr.

Wäscherei für Eisenbahnwagen

Die London-North Eastern-Bahn hat in York eine Wäscherei angelegt, um ihre Eisenbahnwagen maschinell zu waschen. Die Einrichtung besteht aus vier senkrechten Spindeln, die mit Tausenden von etwa 100 mm breiten und 600 mm langen Tuchstreifen besetzt sind und die sich in verschiedenen Richtungen mit 50 U/min drehen. Ein 15 PS-Motor treibt die Spindeln an. Die Anlage ist mit der Hälfte der Spindeln noch betriebfähig; gegebenenfalls kann also die andre Hälfte für Ausbesserzwecke ausgeschaltet werden, ohne daß der Betrieb unterbrochen wird.

Die Tuchstreifen werden von oben bewässert. Die Wagen laufen durch die Anlage mit etwa 40 m/min, wobei sie vor und hinter der Anlage einem Spritzregen ausgesetzt werden. Nachreiben oder besonderes Trocknen ist nicht erforderlich. Ein Drehgestellwagen wird in etwa 1 bis 1½ mi gewaschen. Diese Reinigung ist billiger und besser als jen mit der Hand und soll auch den Lackanstrich mehr schoner („Railway Gazette" 5. Oktober 1928 S. 425) [N 2272 e] M.

Rohstoff-Förderung in Indien 1927

Nach dem jährlichen Bericht der geologischen Landes anstalt förderte Indien im Jahre 1927 22,082 Mill. t Kohler d. h. rd. 1,083 Mill. t mehr als im Jahre 1926[1]). Hiervo wurden 576 167 t ausgeführt, darunter 2510 t Koks. Ein geführt wurden 243 603 t Kohlen, darunter 7311 t Koks. I den Bergwerken waren 180 532 Personen beschäftigt, so da die Förderung auf einen Angestellten 122,3 t beträgt. De Hauptanteil der Förderung entfällt auf die Bezirke Bengal Bihar und Orissa. 1,847 Mill. t Eisenerze, d. h. um 11,3 vH mehr als im Jahre 1926, wurden gewonnen, und zwar rd 1,2 Mill. t von der Tata Iron & Steel Co., 302 258 t von de Bengal Iron Co. und 191 724 t von der Indian Iron & Stee Co. Von den 1,14 Mill. t Gußeisen hat man 393 249 t aus geführt, hiervon 69 vH nach Japan. Die Manganerzförde rung betrug 1,129 Mill. t, ausgeführt wurden 843 821 t Unter den andern Rohstoffen sind zu nennen (Angaben in t)

	Förderung		Ausfuhr
	1926	1927	1927
Chromeisenstein	33 382	57 207	42 953
Magnesit	30 461	19 638	—
Zinn	3 584	3 495	60 529 (Einfuhr
Wolfram	1 484	1 160	—
Zink	48 834	58 286	67 135
Bauxit	4 956	4 310	—

(„The Iron and Coal Trades Review" 9. November 192 S. 685) [N 2272 d] Gw.

[1]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 5 S. 162.

Neues Zeitungspapierwerk in Kanada

Die Anglo-Canadian Pulp and Paper Mills haben ei neues Zeitungspapierwerk in der Nähe von Quebec City er richtet. Das Werk hat vier Hochleistungs-Papiermaschine mit 6 m Arbeitsbreite und rd. 425 m/min Höchstgeschwindig keit. Bei dieser Höchstgeschwindigkeit erzeugt eine Ma schine täglich 175 t Papier. Durch geeignete Fördermitte ist Handarbeit möglichst ausgeschaltet. Von den Lagern die 445 000 m³ Holz fassen, wird das Holz in die Wäschere und dann in Behälter über den 20 hydraulischen Stetig schleifern geführt. Zwei Schnitzelmaschinen zerkleiner das Holz für die vier Kocher. Täglich werden rd. 150 Sulphitlauge verbraucht. Das richtige Mischungsverhältni von Holzschliff und Zellstoff wird durch Meßvorrichtunge vor Eintritt des Papierstoffes in die Papiermaschine nach geprüft. („The Engineer" 9. November 1928 S. 506*) [N 2272 g] Schr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

John Stevens. An American Record. Von Archibald Douglas Turnbull. New York 1928, The American Society of Mechanical Engineers. 545 S. m. Abb. Preis 5 $.

In der Reihe ausgezeichneter Lebensbeschreibungen hervorragender amerikanischer Ingenieure, die die American Society of Mechanical Engineers von Zeit zu Zeit herausgibt[1]), ist neuerdings ein Band erschienen, der das Leben John Stevens', geb. um 1749, gest. am 6. März 1838, behandelt. Bekannt ist dieser in der technischen Welt vor allem durch die Einführung des Dampfbetriebes in den Schiffsverkehr, angeregt durch Fitchs Dampfboot, durch die Benutzung der Schraube zum Schiffsantrieb (schon im Jahre 1804) und durch die Energie, mit der er sich für die Dampfeisenbahn eingesetzt hat.

Das Buch schöpft aus vielen bisher unbekannten Quellen und schildert in reizvoller, fesselnder Weise die Schwierigkeiten, mit denen Stevens zu kämpfen hatte, wenn er mit seinem weitschauenden Blick Fortschritte sah, die seine Zeitgenossen nicht ahnten. Nicht nur die Einführung des Dampfbetriebes auf Schiffen und Eisenbahnen legt Zeugnis ab von seiner Weitsicht, sondern auch der bemerkenswerte Umstand, daß er sich schon am Anfang des 19. Jahrhunderts mit Verbrennungsmaschinen und Quecksilber-Dampfmaschinen beschäftigt hat.

Das Werk gibt über viele Gebiete aus der Frühzeit amerikanischer Technik wertvolle Aufschlüsse und dürfte bei allen Freunden der Geschichte der Technik Interesse finden. [E 2140] C. M.

[1]) Bisher sind erschienen: A Life of George Westinghouse von Henry G. Prout, New York 1921; John A. Brashear (Selbstbiographie), New York 1924; John Edson Sweet von A. W. Smith, New York 1925, und Walter Craig Kerr von A. W. Smith, New York 1927.

Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Milan Vidmar. Berlin 1928, Julius Springer. 451 S. m. 352 Abb. Preis 16,50 RM.

Vidmar, ein Meister des Wortes, spricht im vorliegenden Werk über den Kreis seiner Studenten hinaus zu allen Jüngern der Elektrotechnik. Seine Sprache ist so lebendig, daß der behandelte Stoff selbst lebendig wird und den Leser von Vorlesung zu Vorlesung immer mehr fesselt. Überall zieht der Verfasser trefflich gewählte Beispiele aus der Mechanik zum Vergleich heran und übt die praktische Anwendung der Gesetze an kleinen Aufgaben. Aus seiner 20 Jahre langen Tätigkeit als Ingenieur schöpft Vidmar die Fähigkeit, die Grundlagen der Elektrotechnik für die Praxis zuzuschneiden und den richtigen Weg für die Ausbildung des praktischen Ingenieurs einzuschlagen. Wer Vidmars Werke kennt, wird auch dieses mit Freuden begrüßen. [E 2127] Zn.

rkungsweise elektrischer Maschinen. Von Milan Vidnar. Berlin 1928, Julius Springer. 223 S. m. 203 Abb. Preis 13,50 RM.

Das Buch erscheint fast gleichzeitig mit den „Vor- ungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elek- technik". Es stellt in knapper Form die Haupteigen- aaften der elektrischen Maschinen dar, befaßt sich jedoch ht mit deren Berechnung oder Konstruktion. Das In- ktionsgesetz, der Grundpfeiler des Elektromaschinen- ıes, bildet den Ausgangspunkt aller Betrachtungen. Der ansformator wird zuerst behandelt, da sich hier das setz am deutlichsten erkennen läßt. Den Übergang zu ı Maschinen bildet der Abschnitt „Mechanisierung der ansformation" (Induktion durch Drehung einer Spule gleichgerichteten Magnetfeld). Die Maschinen werden ter dem Gesichtspunkt betrachtet, „daß es eigentlich r eine elektrische Maschine gibt, daß der Transformator, Synchronmaschine, der Asynchronmotor und schließlich Kollektormaschine nur Spielformen dieser einen Ma- ine sind". Dem Anfänger, dem Studierenden und dem triebsingenieur gewährt das Buch eine gute Übersicht d eine klare Vorstellung von den verschiedenen Arten ktrischer Maschinen. [E 2126] Zn.

ıtistik für das Jahr 1927. Von der Vereinigung der Elektrizitätswerke E.V. Berlin 1928, Selbstverlag. 651 S. m. 1 Plan. Preis 50 RM.

In der Einteilung des Buches ist gegenüber den früheren hren keine Änderung eingetreten; es umfaßt Werke aus n deutschen Reichsgebiet, den außerdeutschen Staaten und ı von Deutschland abgetrennten Gebieten, geordnet nach n ABC, nach der Stromabgabe und nach der Betriebs- ıft. Ferner wird Erzeugung, Bezug und Abgabe von rom, die Größe der Versorgungsgebiete und die Auswer- ıg dieser Zahlen nach Betriebsdauer, Stromdichte usw. an- geben. Das Buch bietet darin, wie die früheren Aus- ben, sehr umfangreiche, wertvolle Zahlenangaben.
[E 2094] Pa.

nographien über chemisch-technische Fabrikationsmetho- den. 42. Bd.: **Die aktive Kohle**, ihre Herstellung und Verwendung. Von Oskar Kausch. Halle a. d. S. 1928, Wilhelm Knapp. 342 S. m. 97 Abb. Preis 23,50 RM.

Das Buch ist dankbar zu begrüßen, weil das Schrifttum er aktive Kohle in den letzten Jahren so angewachsen ist 927 erschienen allein mehr als 100 Veröffentlichungen), ß man das Gebiet bis zum Erscheinen des Werkes nur t großer Mühe übersehen konnte[1]). Das erste Kapitel zeigt, e die physikalische Chemie erst in neuester Zeit, beson- rs durch die Arbeiten Ruffs, das Dunkel gelichtet hat, s bis dahin über die Art der Wirkung der aktiven Kohle ıwebte. Es folgen Abschnitte über die Prüfungsverfahren, Herstellung, Verwendung, Regenerierung der aktiven hle. Besonders bemerkenswert ist das letzte, etwa ein ittel des ganzen Buches umfassende Kapitel, das Berichte r Industrie über die Herstellung der aktiven Kohle mit ılreichen Bildern enthält.

Zurückhaltende Sachlichkeit in der Beurteilung der ver- iedenen Ansichten und Verfahren (der Verfasser ist Mit- ed des Reichspatentamtes) kennzeichnen das Werk, das len ein sehr willkommener Berater sein wird.
[E 2074] Dr. O. Huppert

[1]) s. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 457.

r Eisenbahnoberbau im Deutschen Reich. Bearb. von Heinrich Saller. Berlin 1928, Verlag d. Verkehrswis- senschaftlichen Lehrmittelgesellschaft b. d. Deutschen Reichsbahn. 336 S. m. 143 Abb. Preis 15 RM.

Der Eisenbahnoberbau stellt den Techniker infolge der rschiedenen, zum Teil einander widersprechenden Forde- ngen, die der Betrieb aufstellt, vor schwer zu lösende Auf- ben. Gerade in neuerer Zeit sind Grundsätze, die bisher t zum Einmaleins des Oberbautechnikers rechneten, durch ıere Forschungen umgestoßen worden. Auch der neue ichsoberbau zeigt gegenüber den bislang gebräuchlichen ıordnungen mancherlei Abweichungen grundsätzlicher Art. ist daher erfreulich, daß in dem hier zur Besprechung henden Werke von einem in der Praxis Stehenden der rsuch gemacht wird, die Wissenschaft vom Eisenbahnober- u in ihrer geschichtlichen Entwicklung und nach ihrem utigen Stande zu betrachten.

Der Versuch ist durchaus geglückt. Überall finden wir n Hinweis, wie nötig dem Oberbau eine eingehende wis- ıschaftliche Durchdringung ist. Die Fragen nach dem ge- gnetsten Baustoff, der geeignetsten Form, nach der Größe r Ausdehnungslücken, der Spurerweiterung usw. sind noch ineswegs endgültig beantwortet. Unter diesen Gesichts- nkten schildert das Werk die verschiedenen Bauarten, wie heute im Deutschen Reich gebraucht werden. Der neue ichsoberbau findet naturgemäß eingehende Besprechung. Sehr wertvoll ist es, daß der Verfasser einen großen Teil seines Werkes dem Gleisbau, der Gleisverlegung und der Gleisunterhaltung widmet. Auch auf diesen Gebieten sind in neuerer Zeit Verfahren entwickelt worden, die eine wissenschaftliche Behandlung bedingen.

Nicht behandelt sind in dem Werke die Weichen und Kreuzungen, weil diese in ihren neuen Reichsbauarten noch nicht vorliegen. Alles in allem muß gesagt werden, daß das Buch eine wertvolle Bereicherung der Literatur über den Eisenbahnoberbau darstellt.
[E 2073] Dr.-Ing. Gerstenberg

Handwörterbuch des Postwesens. Herausgeg. von Wilhelm Küsgen, Paul Gerbeth, Heinr. Herzog, Laur. Schneider und Gerhard Raabe. Berlin 1927, Julius Springer. 724 S. m. 167 Abb. Preis 57 RM.

Die Deutsche Reichspost ist in den letzten Jahren immer mehr zu einem technischen Betrieb geworden, der an Bedeutung hinter den Großbetrieben der Privatindustrie nicht zurücksteht. Bei der Vielgestaltigkeit der innerhalb ihres Gebietes zu lösenden technischen Aufgaben wird auch der Ingenieur, der sich mit dem Postwesen näher befassen will, das Erscheinen des vorliegenden Nachschlagewerkes lebhaft begrüßen.

Die Herausgeber haben die Form eines Wörterbuches gewählt und den Stoff in kurze, alphabetisch geordnete Aufsätze zerlegt. Die Aufsätze sind im allgemeinen nach vier Richtungen: Geschichte, Recht, Wirtschaft, Betrieb gegliedert. Die Darstellung zeichnet sich durch Klarheit und Kürze aus, das Verständnis der technischen Anlagen wird durch gute, das Wesentliche hervorhebende Zeichnungen und Photographien erleichtert. Dem Werk, das ein großes Maß von Arbeit in sich schließt, ist weite Verbreitung, insbesondere auch in den Kreisen der deutschen Ingenieure, zu wünschen. [E 2128] Sd.

Nauticus 1928. Jahrbuch für Seeinteressen und Weltwirtschaft. 19. Jg. Herausgeg. von Scheibe. Berlin 1928, E. S. Mittler & Sohn. 327 S. m. 15 Abb. Preis 16 RM.

Der wirtschaftlich-politische Teil bringt eine geschlossene Aufsatzreihe über die Verschiebung der industriellen Welterzeugung in der Kriegs- und Nachkriegszeit. Die einzelnen Aufsätze geben die Lage in mehreren Industrien wieder. Im gleichen Zusammenhang werden die Änderungen im Welthandel und im Seeverkehr und die Aufgabe der Genfer Weltwirtschaftskonferenz besprochen. Der zweite Teil behandelt dann die Weltschiffahrt von 1926 bis 1928, die Rationalisierung der Seeschiffahrt, die internationale Bedeutung der festländischen Nordseehäfen, die Rationalisierung im Schiffbau, die Kanalfrage sowie Stand und Ziele der deutschen Luftfahrt. Der militärisch-politische Teil enthält einen Rückblick auf die Tätigkeit der deutschen Marine, ferner Übersichten über die Kriegsmarinen der Welt, die Veränderung der seestrategischen Weltlage nach dem Krieg und den Stand der Abrüstungsfrage.

Der große Wert des Nauticus als Zeitschau und Nachschlagewerk ist darin begründet, daß sämtliche Abhandlungen von ersten deutschen Sachverständigen verfaßt sind und der statistische Teil besonders sorgfältig und reichhaltig zusammengestellt ist. [E 2070] Ls.

Taschenbuch für Schiffbauer, Bootbauer, Schiffzimmerer und Segelmacher. Von Ludwig Schaller unter Mitwirkung von Jonni Höpfner und Artur Tiller. Berlin 1928, Richard Carl Schmidt & Co. 348 S. m. 301 Abb. Preis 9 RM.

Dieses Taschenbuch gibt dem Facharbeiter im Schiff- und Bootbau an der Hand zahlreicher Beispiele bewährte Arbeitsweisen zur sachrichtigen Ausführung der täglichen Arbeiten in der Werkstatt und an Bord. Die erforderlichen Maß- und Gewichtstafeln, sowie Beispiele zur Durchführung der in der Hauptsache vorkommenden Berechnungen sind beigefügt und auch die Unfallverhütung und die erste Hilfe bei Unglücksfällen sind ihrer Bedeutung gemäß behandelt. [E 2069] Ls.

RKW-Veröffentlichungen, Nr. 29: **Planmäßige Absatzgestaltung in der Landwirtschaft.** Von Otto Jüngst. Berlin 1928, Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. 147 S. m. 83 Abb. Kostenlos von der Nachrichtenstelle des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit, Berlin NW 6, zu beziehen.

Einleitend ist die wirtschaftliche Lage und Bedeutung der Landwirtschaft als Teil unserer Volkswirtschaft gekennzeichnet durch die Gegenüberstellung der Zahl der Erwerbstätigen in Land- und Forstwirtschaft (31 vH) und Wert des Volkseinkommens, das auf Land- und Forstwirtschaft entfällt (10 vH). Die wirtschaftliche Lage der einzelnen Betriebe wird beleuchtet durch eine vergleichende Aufstellung der mit Gewinn oder Verlust arbeitenden Betriebe in den

Zeitabschnitten 1912 bis 1914, in dem 93 vH, und 1924 bis 1926, in dem nur 48 vH mit Gewinn, der Rest mit Verlust arbeiteten.

Vereinheitlichung der Erzeugung, Beratung mit dem Zweck, in jedem Betriebe die Erzeugungsmöglichkeiten auszuschöpfen, die auf Grund der gegebenen Verhältnisse höchste Wirtschaftlichkeit erwarten lassen, werden als vorbereitende Maßnahmen vorgeschlagen. Im Anschluß hieran soll Marktbeobachtung als Grundlage von Vertriebspolitik und Vertriebstechnik dienen unter der Voraussetzung, daß dieser Marktbeobachtungsdienst vollkommen objektiv den Erzeugern und Vertriebsorganisationen zur Verfügung steht. Es wäre wünschenswert gewesen, wenn der Verfasser diese Forderung eingehender begründet und auf die Technik der Marktbeobachtung näher eingegangen wäre. Die Klarstellung der Zusammenhänge, die zwischen Struktur und Konjunktur von Erzeugungs- und Absatzmärkten in Hinsicht auf Kaufkraftentwicklung und Absatzvorausschätzung bestehen, wäre geeignet gewesen, die Beweiskraft der Ausführungen zu erhöhen. Der Verfasser verlangt, daß absatzwirtschaftliche Forschung Gegenstand der Ausbildung von Landwirten an landwirtschaftlichen Hochschulen werde. (Für Herstellungs-Güterindustrien wird sie von der Fachabteilung „Vertriebsingenieure" des Vereins deutscher Ingenieure der praktischen Lösung bereits zugeführt.) Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß durch die landwirtschaftlichen Verbände eine Spitzengruppe geschaffen werden müsse, die planmäßig die Absatz-Grundlagen erforschen soll mit dem Endzweck, in der Verteilung der landwirtschaftlichen Erzeugung den besten Wirkungsgrad zu erreichen.

In einem Anhang wird über die Maßnahmen des Auslandes zur Förderung des Absatzes berichtet, wobei statistische Angaben beachtenswerte Aufschlüsse bieten.

[E 2065] J. A. Bader

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 307. H.: **Das Förderhöhenverhältnis der Kreiselpumpen für die ideale und wirkliche Flüssigkeit.** Von Wilhelm Schulz. Berlin 1928, VDI-Verlag. 28 S. m. 35 Abb. und 6 Taf. Preis 5 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4,50 *RM*.

Deutschlands Landbau, Bezirk Kassel. Herausgeg. von der Landwirtschaftskammer für den Regierungsbezirk Kassel. Bearb. von Paul Sieck. 11. Aufl. Berlin-Halensee 1928, Dari-Verlag. 62 S. m. 123 Abb. Preis 5,50 *RM*.

Grundzüge der Starkstromtechnik. Von K. Hoerner. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 209 S. m. 347 Abb. Preis 8,20 *RM*.

Empfindliche Galvanometer für Gleich- und Wechselstrom. Von Otto Werner. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 208 S. m. 93 Abb. Preis 14 *RM*.

Finding and stopping waste in modern boiler rooms. Herausgeg. von der Cochrane Corporation. 3. Aufl. Philadelphia, Pennsylvania. 788 S. m. Abb. Preis 3 $.

Betriebswirtschaftslehre der Industrie. Von Karl Wilhelm Hennig. Berlin 1928, Julius Springer. 167 S. m. 57 Abb. Preis 12,50 *RM*.

Werkstattbücher, 35. H.: **Der Vorrichtungsbau.** Von Fritz Grünhagen. 2. T. Berlin 1928, Julius Springer. 52 S. m. 124 Abb. Preis 2 *RM*.

Jahrbuch 1928 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof. Herausgeg. von Wilhelm Hoff, Ottfried von Dewitz und Georg Madelung. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 274 S. m. Abb. Preis 23 *RM*.

RKW-Veröffentlichungen Nr. 22: **Erfahrungen mit Fließarbeit.** Herausgeg. vom Ausschuß für Fließarbeit beim AWF. Berlin 1928, Beuth-Verlag. 69 S. Preis 0,75 *RM*.

Aus 34 Jahren Luftfahrt. Von Georg v. Tschudi. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 186 S. m. 50 Abb. Preis 9 *RM*.

Jahrbuch für Luftfahrt 1928. Herausgeg. vom Reichsverband der Deutschen Luftfahrt-Industrie unter Mitwirkung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt, des Deutschen Luftfahrt-Verbandes, des Aero-Clubs von Deutschland und des Deutschen Luftrates in Berlin. München 1928, Richard Pflaum. 277 S. m. Abb. Preis 16,50 *RM*.

Taschenbuch der Luftflotten. Jg. 1928/29. Herausgeg. von Werner von Langsdorff. Frankfurt a. M. 1928, Bechhold. 626 S. m. 912 Abb. Preis 12 *RM*.

Die Rheinisch-Westfälische Städtebahn. Schlußbetrachtungen zu den bisherigen kritischen Äußerungen. Von G. Kemmann. Berlin 1928, Selbstverlag. 93 S. m. 15 Abb. und 5 Taf.

Port Studies. Von Brysson Cunningham. London 1928, Chapman & Hall Ltd. 143 S. m. 193 Abb. Preis 26 sh.

Sammlung Göschen, 998. Bd.: **Der Feuerschutz der Bauwerke.** Von H. Silomon. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 119 S. m. 21 Abb. Preis 1,50 *RM*.

Die Blauen Bücher, Sonderbände: **Wohnbauten und Siedlungen.** Von Walter Müller-Wulckow. 122 S. m. Abb. Preis 3,30 *RM*. **Bauten der Gemeinschaft.** Von Walter Müller-Wulckow. 110 S. m. Abb. Preis 3,30 *RM*. Königstein i. T. und Leipzig 1928, Karl Robert Langewiesche.

Reichsverband Industrieller Bauunternehmungen, E. V.: **Der Ingenieurbau gehört zur Industrie und nicht zum Handwerk.** Entscheidungen der Gerichte und Verwaltungsbehörden. Berlin 1928, Selbstverlag. 84 S. Kostenlos.

38. Zusammenstellung der Betriebs-Ergebnisse von Wasserwerken. Betriebsjahr 1926/27. Bearbeiter Götze und Schröder. Berlin 1928, Geschäftstelle des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern E. V. 60 S. Preis 10 *RM*.

AEF. Verhandlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen in den Jahren 1907 bis 1927. Herausgeg. von J. Wallot. Berlin 1928, Julius Springer. 48 S. m. 14 Abb. Preis 5 *RM*.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. 6. Bd. 2. Liefg. Leipzig 1928, Johann Ambrosius Barth. S. 463 bis 918 m. 426 Abb. Preis 50 *RM*.

Chemische Technologie in Einzeldarstellungen. Herausgeber A. Binz. **Messen und Wägen.** Von Walter Block mit einer Einleitung von Fritz Plato. Leipzig 1928, Otto Spamer. 339 S. m. 109 Abb. Preis 28 *RM*.

Monographien aus dem Gebiete der Fett-Chemie. Herausgeg. von K. H. Bauer. 10. Bd.: **Die natürlichen Harze.** Von H. Wolff. Stuttgart 1928, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 379 S. m. 5 Abb., 4 Taf. und 5 Tab. Preis 28 *RM*.

Bücher-Verzeichnis der Telefunken-Bibliothek. 1. Mai 1928. Berlin, Gesellschaft für drahtlose Telegraphie. 104 S. Kostenlos.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

3d. 72 SONNABEND, 1. DEZEMBER 1928 Nr. 48

Die spezifische Wärme des überhitzten Wasserdampfes
für Drücke von 30 bis 120 at und von Sättigungstemperatur bis 450 °C

Von Osc. Knoblauch und We. Koch, München[1])

(Mitteilung aus dem Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München)

Die spezifische Wärme bei konstantem Druck wird nach der Durchflußmethode in einem Kalorimeter bestimmt, das durch außen angebrachte Heizungen vor Wärmeverlusten an die Umgebung geschützt ist. Die Abhängigkeit von c_p von Druck und Temperatur entspricht im Gebiet hoher Drücke den bei niedrigen Drücken gefundenen Gesetzmäßigkeiten.

Der nachstehende Bericht über die Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasserdampfes schließt sich unmittelbar an die vier vorhergehenden Veröffentlichungen von Osc. Knoblauch, M. Jakob, Hilde Mollier, A. Winkhaus und E. Raisch[1a]) an, in welchen — der stetigen Entwicklung der Technik entsprechend — die Beobachtungen von 8 auf 20 und 30 at ausgedehnt waren. Die benutzte Versuchsmethode war in allen fünf Bestimmungen grundsätzlich zwar gleich, die Versuchseinrichtung mußte jedoch den jeweiligen Versuchsbedingungen entsprechend neu entworfen werden.

Der im Kessel durch Verbrennen von Kohle oder Öl oder mittels elektrischen Stromes erzeugte Dampf wurde durch Gas oder elektrischen Strom auf eine gewünschte Temperatur erwärmt und darauf in einem Kalorimeter mittels genau gemessener elektrischer Energie um eine bestimmte Temperatur weiter erhitzt. Er strömte dann durch einen Kondensator und wurde gewogen. Aus der stündlich durchgegangenen Dampfmenge, der im Kalorimeter zugeführten Wärme und der dadurch hervorgerufenen Temperatursteigerung läßt sich die spezifische Wärme c_p bei konstantem Druck berechnen, vorausgesetzt, daß die Wärme voll auf den Dampf übertragen wird und nicht teilweise an die Umgebung verloren geht.

Der Wärmeverlust, der bei den früheren Untersuchungen tatsächlich vorhanden war, wurde damals in der Weise bestimmt, daß nach Abschluß des eigentlichen Versuches ein Nachversuch angestellt und in diesem nach Abstellung des Dampfes diejenige Heizwärme bestimmt wurde, mit der das Kalorimeter auf der gleichen Temperatur erhalten werden konnte, die es während des Hauptversuches gehabt hatte. Diese Verlustbestimmungen war ein Nachteil der früheren c_p-Bestimmungen, der jedoch damals unvermeidlich schien und in Kauf genommen wurde. Der neuerliche Fortschritt der Technik der Temperaturmessung sowie des Wärmeschutzes hat es ermöglicht, Wärmeverluste des Kalorimeters völlig zu verhindern. Dies geschah durch eine weitgehende Verfolgung des Gedankens, in der Umgebung jedes Teiles des Kalorimeter mittels einer äußerlich angebrachten elektrischen Schutzheizung die gleiche Temperatur zu erzeugen, die das Kalorimeter selbst hat; denn dann und nur dann kann das Kalorimeter an keiner Stelle Wärme nach außen abgeben. Praktisch erreicht wurde dies an unserem Kalorimeter durch die Anbringung von nicht weniger als acht Schutzheizungen.

Bei der neuerlichen Ausdehnung der Versuche von 30 bis auf 120 at wurden auch einige Versuche bei niedrigeren Drücken ausgeführt, um einen Vergleich mit den früheren Bestimmungen zu erhalten. Denn wenn auch sämtliche Beobachtungen, die sich auf den Zeitraum von über 20 Jahren erstrecken, in dem gleichen Laboratorium ausgeführt wurden, so waren doch die Mitarbeiter verschieden und die Versuchseinrichtung war, wie erwähnt, in stetiger Entwicklung begriffen. Bei der hohen technischen Bedeutung der spezifischen Wärme des überhitzten Wasserdampfes für die Praxis und der großen Verantwortung, die die fehlende Nachprüfung der Messungen durch andre Forschungsstätten mit sich bringt, mußten wir bei jeder Fortsetzung der Versuche weitgehend feststellen, ob nicht die vergrößerte Meßgenauigkeit der späteren Bestimmungen Fehler der früheren Beobachtungen erkennen ließ. Erfreulicherweise waren nur infolge der Vervollkommnung der Meßtechnik geringe Abgleichungen in solchen Gebieten nötig, die in der Nähe der Sättigung oder dem der großen Überhitzung lagen, bei denen also die Extrapolation von vornherein unsicher gewesen war.

Als Ergebnis der nachstehenden Versuche sei schon jetzt erwähnt, daß sich auch im Hochdruckgebiet die in allen früheren Untersuchungen gefundene Gesetzmäßigkeit feststellen ließ, daß nämlich c_p bei gegebener Temperatur mit dem Druck steigt und bei gegebenem Druck bei Annäherung an die Sättigung eine mit dem Druck stark wachsende Zunahme aufweist.

Theoretische Grundlagen der Berechnung

Wie oben erwähnt, geschah die c_p-Bestimmung nach der bekannten Durchflußmethode, wobei der in einem Kessel entwickelte, durch eine Rohrleitung strömende Dampf zunächst in einem Vorüberhitzer mehr oder minder hoch erwärmt und dann in einem Kalorimeter mittels gemessener elektrischer Heizwärme um eine bestimmte Anzahl von Graden weiter überhitzt wurde. Die Dampfleitung mündete in einen Kondensator, in welchem der Dampf niedergeschlagen wurde. Das ausfließende Wasser wurde gewogen.

Bezeichnet G (kg/h) das stündlich durchströmende Dampfgewicht, Q die aus der Spannung und Stromstärke des elektrischen Heizstromes bestimmte, in kcal umgerechnete Heizwärme und t_1 und t_2 die Ein- und Austrittstemperatur des Dampfes im Kalorimeter, so berechnet sich die mittlere spezifische Wärme im Temperaturbereich von t_1 bis t_2 nach der Formel

$$c_p = \frac{Q}{G\,(t_2 - t_1)}\,.$$

Q erhält man aus der Spannung e (V) und der Stärke i (A) des elektrischen Stromes nach der bekannten Gleichung

$$Q = 0{,}860\, e\, i \text{ kcal/h}\,.$$

[1]) Ein demnächst erscheinender erweiterter Sonderdruck soll die Berechnung der Temperatursenkung enthalten, die beim Strömen des Dampfes durch das Kalorimeter infolge der Drosselung entsteht; er soll ferner ein ausführliches Beobachtungsjournal bringen, das die Meßgenauigkeit beurteilen läßt, sowie den Dank an all die Kreise und Personen, welche die Durchführung der Versuche unterstützt und ermöglicht haben. — An dieser Stelle sei nur dankend erwähnt, daß der frühere Assistent des Laboratoriums für technische Physik, Herr Dr.-Ing. E. Raisch, einen großen Teil der konstruktiven Vorbereitung ausgeführt hat.

[1a]) Osc. Knoblauch u. Max Jakob (bis 8 at und 350° C), Mitt. ü. Forsch.-Arb. 1906 Heft 35 u. 36 S. 109; Z. Bd. 51 (1907) S. 81. — Osc. Knoblauch u. Hilde Mollier (bis 8 at und 550° C) Mitt. ü. Forsch.-Arb. 1911 Heft 108 u. 109 S. 79; Z. Bd. 55 (1911) S. 665. — Osc. Knoblauch u. A. Winkhaus (bis 20 at und 380° C), Mitt. ü. Forsch.-Arb. 1917 Heft 195 S. 3; Z. Bd. 59 (1915) S. 376. — Osc. Knoblauch u. E. Raisch (bis 30 at und 350° C), Z. Bd. 66 (1922) S. 418

Abb. 1
Versuchskessel.

Wenn die dem Dampf im Kalorimeter erteilte Überhitzung $(t_2 - t_1)$ so gering ist, daß innerhalb dieses Temperaturbereiches eine lineare Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur angenommen werden darf, so kann der nach der obigen Formel berechnete Wert der mittleren spezifischen Wärme der wahren spezifischen Wärme bei der mittleren Temperatur $\frac{t_2 + t_1}{2}$ gleichgesetzt werden.

Der so erhaltene Wert von c_p bedarf noch einer kleinen Berichtigung. Die obige Formel gilt nämlich streng nur für den Fall, daß der Druck des Dampfes sich während des Strömens durch das Kalorimeter nicht ändert. In Wirklichkeit muß jedoch der Dampfdruck beim Austritt aus dem Kalorimeter bei der Temperatur t_2 etwas kleiner sein als beim Eintritt mit der Temperatur t_1, denn das Strömen kann überhaupt nur infolge eines Druckabfalles vor sich gehen.

Diese bedingt eine Berichtigung der Temperaturunterschiede $(t_2 - t_1)$ um Δt. Diesen Wert haben wir mit Hilfe der noch nicht veröffentlichten Drosselversuche von H. Davis, Hoboken, berechnet, für deren freundliche Überlassung wir ihm zu besonderen Dank verpflichtet sind[2]).

[2]) Der ausführlichere Bericht wird mehr darüber enthalten.

Abb. 4
Vorüberhitzer und Kalorimeter.

R Rohrbruchventil K Kalorimeter
V_1 V_2 Vorüberhitzer N Nadelventil

Die zur Berechnung von c_p dienende Gleichung nimmt dadurch folgende Form an:

$$c_p = \frac{Q}{G\,[(t_2 - t_1) + \Delta t]}.$$

Versuchsanordnung

Abb. 1 bis 3 zeigen den Dampfkessel, dessen ausführliche Beschreibung bereits veröffentlicht worden ist[3]). Er besteht aus einer stehenden, nahtlos gewalzten Trommel von 775 mm lichtem Durchmesser, 1750 mm Höhe und 70 mm Wanddicke. Sein Wasserfassungsvermögen beträgt in normal gefülltem Zustand etwa 0,6 m³. Die elektrische Heizung wird durch 16 Heizpatronen bewirkt, die in eingewalzte Rohre eingesetzt sind. Die höchste Gesamtbelastung beträgt etwa 19 kW und ist durch Gruppenschaltung der Patronen in weiten Grenzen regelbar. Erfreulicherweise ist in den 250 Tagen, in denen der Kessel in Betrieb war, keine wesentliche Störung eingetreten.

Abb. 2 und 3
Versuchskessel für 120 at im Laboratorium für technische Physik der Techn. Hochschule München.

Zur Speisung des Kessels diente eine Hochdruckkolbenpumpe, die das Wasser über einen elektrisch geheizten Vorwärmer in den Kessel drückte. Der dem Kessel entnommene Dampf wurde über ein Rohrbruchventil R, Abb. 4, in zwei elektrisch geheizte Vorüberhitzer V_1 und V_2 geleitet und trat von hier aus in das Kalorimeter K ein (in Abb. 4 vor Aufbringung des Wärmeschutzes). Bereits sehr geringe Mengen flüssigen Wassers hätten beim Eintritt des Dampfes den Temperaturzustand der Vorüberhitzer sehr stark gestört. Zur

[3]) E. Raisch u. We. Koch, Versuchskessel für 120 at Betriebsdruck, Z. Bd. 71 (1927) S. 1070.

Abb. 5 und 6
Rohrschlange mit Aluminiumummantelung.

Abscheidung etwa mitgerissenen Wassers wurde daher nach den Erfahrungen von Sendtner[4]) und Hencky[5]) in dem wagerechten Rohrstück dicht vor dem Rohrbruchventil ein Staurand eingesetzt, der das an der Rohrsohle fließende Wasser durch ein schwach geöffnetes Ventil austreten ließ.

Beim Entwurf der beiden elektrisch geheizten Vorüberhitzer mußte eine Anordnung gewählt werden, die dem strömenden Dampf eine beträchtliche Wärmemenge zuzuführen gestattet, ohne daß sich die Heizwicklung übermäßig erhitzt. Von der Benutzung der sonst vielfach üblichen geheizten Bäder wurde abgesehen, da Luftbäder keine gleichmäßige Temperatur gewährleisten und Flüssigkeitsbäder sich oft bei längerem Gebrauch chemisch verändern. Aus diesem Grunde wurden die aus nahtlos gezogenem Stahlrohr von 9 mm l. W. und 7 m Länge bestehenden Vorüberhitzer schraubenförmig bifilar aufgewickelt, vergl. Abb. 5 und 6, und auf Vorschlag von Dr. Raisch, München, mit Aluminium umgossen.

Die Heizwicklung besteht aus Chromnickelband und ist mittels Glimmer (Mikanit) elektrisch vom Aluminium und einem außen herumgelegten Blechmantel isoliert. Durch mehrere schmale Blechbänder, die um den äußeren Mantel herumgelegt sind, wird die Heizwicklung fest an das Aluminium angepreßt. Hierdurch wird eine sehr günstige Wärmeübertragung auf das gutleitende Aluminium und auf den durch den Vorüberhitzer strömenden Dampf erzielt. Infolge dieser wirksamen Art der Wärmeübertragung war es möglich, die Vorüberhitzer mit je 1,5 kW zu belasten, wobei die Übertemperatur der Heizwicklung gegenüber dem austretenden Dampf nur auf etwa 50° stieg. Dies wurde festgestellt mittels eines Thermoelements, das unter einem der erwähnten Blechbänder auf dem äußeren Mantel eingeschoben war. Zur Verminderung des Wärmeverlustes wurden die Vorüberhitzer in größere zylindrische Blechgefäße eingesetzt, die mit Kieselgur gefüllt wurden. — Die Aluminiumzylinder haben sich in jeder Beziehung bewährt und wurden auch bei dem nunmehr zu beschreibenden Kalorimeter benutzt.

Der Dampf strömt bei *A*, Abb. 7, in ein spiralig aufgewickeltes Rohr von 9 mm l. W. und 7 m Länge ein und tritt bei *B* wieder aus. Die Rohrschlange ist, wie bei den Vorüberhitzern, mit Aluminium umgossen und wird wie diese durch eine um die äußere Zylinderfläche gewickelte und fest angepreßte Heizwicklung erwärmt. Der elektrische Strom wird von unten her zugeführt. Über die Rohrschlange sind aus den im nachfolgenden Bericht über die Versuchsdurchführung angegebenen Gründen zwei Zylinder aus Aluminiumblech von 0,3 mm Dicke geschoben, die einen Abstand von je 8 mm haben, oben luftdicht durch Aluminiumdeckel abgeschlossen sind und unten auf dem Boden *C* aufstehen.

Die bisher beschriebenen Teile des Kalorimeters sind zur Verhinderung des Wärmeaustausches mit der Umgebung von einer Schutzheizung umgeben. Zur Verminderung des Wärmeverlustes der Schutzheizung nach außen waren drei weitere Zylinder aus Aluminiumblech darübergeschoben. Die Anwendung von Aluminium hat den Vorteil, daß man wegen seiner kleinen Strahlungszahl[6]) die Isolierung aus Luftschichten und nicht, wie sonst, aus festen Wärmeschutzstoffen herstellen kann und daher die Isolierung eine sehr geringe thermische Trägheit hat.

Die Schutzheizung besteht aus acht Teilen I bis VIII, Abb. 7, damit man an jeder Stelle in der Umgebung des Kalorimeters die gewünschte Temperatur einstellen kann. Die Heizkörper des Schutzmantels (I bis VI) bestehen aus Chromnickelbändern, die durch Mikanit elektrisch isoliert und in Eisenblech eingebaut sind; das Blech ist der geringeren Abstrahlung wegen außen vernickelt. Durch Vorversuche wurde festgestellt, daß die Anschlußflansche des Kalorimeters ihren wärmeableitenden Einfluß bis auf die im Innern des Schutzmantels liegenden Teile der Dampfzu- und -ableitung geltend machten. Deshalb wurden die Flansche mit besonderen Heizungen VII und VIII versehen.

Die Temperaturen der Heizkörper und der Kalorimeteroberfläche wurden mit Thermoelementen an den in Abb. 7 mit 1 bis 15 bezeichneten Stellen bestimmt. Sie dienten in

[4]) A. Sendtner, Mitt. üb. Forschungsarbeiten Heft 98/99 (1911) Bd. 55 (1911) S. 1421.

[5]) K. Hencky, Z. Bayer. Rev.-Ver. Bd. 24 (1920) S. 165.

[6]) E. Schmidt, Wärmestrahlung technischer Oberflächen bei gewöhnlicher Temperatur, 20. Beiheft zum Gesundheits-Ingenieur 1927.

Abb. 7
Kalorimeter.

A Dampfeinströmung
B Dampfausströmung
C Boden
D Druckmeßstelle
E Druckmeßstelle
I bis *VIII* Schutzheizung
1 bis *15* Thermoelemente
t_1, t_2 Temperaturmeßstellen

Abb. 8 bis 11
Strahlenschutz der Temperaturmeßstellen.

Verbindung mit einer Eislötstelle zur Absolutbestimmung der Temperaturen. Die Lötstellen 5a und 5i bis 10a und 10i konnten auch gegeneinander geschaltet werden, so daß die Unterschiede der Temperaturen gemessen wurden. Im ersten Fall wurde zur Beobachtung der Thermokraft ein Millivoltmeter, im zweiten Fall ein empfindliches Galvanometer verwandt.

Die beschriebenen Maßnahmen dienen dazu, den Wärmeaustausch des Kalorimeterinnern mit der Umgebung zu verhindern. Ferner ist dafür zu sorgen, daß ein Wärmeaustausch zwischen den Temperaturmeßstellen t_1 und t_2 und dem Kalorimeter selbst nach Möglichkeit verhindert wird. Dieser kommt dadurch zustande, daß im Eintrittsrohr die niedrigste Temperatur t_1, im Kalorimeter die höchste und endlich im Austrittsrohr eine etwas niedrigere Temperatur t_2 herrscht. Um den Wärmeaustausch zwischen diesen Stellen zu vermindern, wurden senkrecht und wagerecht je drei Aluminiumbleche angebracht.

Die Temperaturen des Dampfes t_1 an der Eintritts- und t_2 an der Austrittstelle wurden in der Weise gemessen, daß in Nickelrohre von 3,6 mm l. W., die in die Dampfzu- und -ableitung eingeschweißt waren, bei dem ersten Teil der Versuche je ein Thermoelement, bei dem zweiten je ein Widerstandsthermometer eingeschoben wurde. Nickel wurde wegen seiner geringen Wärmeleitzahl gewählt, um die Ableitung von Wärme von der Meßstelle nach außen in Richtung der Rohrachse möglichst zu verhindern[7]. Zur Verringerung des Strahlungsaustausches mit der inneren Oberfläche des den Dampf leitenden Rohres wurde das Nickelrohr mit einem Strahlungsschutz aus Nickelblech umgeben. Die Anordnung der Temperaturmeßstellen ist aus Abb. 8 bis 11 zu ersehen. Der in Richtung der eingezeichneten Pfeile ein- oder ausströmende Dampf wird um den Strahlungsschutz so herumgeleitet, daß dieser praktisch die Dampftemperatur annimmt und das Temperaturmeßgerät sich in einem „dampfgeheizten" Strahlungsschutz befindet.

Die Thermoelemente bestanden aus Silber-Konstantan von 0,5 mm Dmr. Die Temperatur wurde einmal ab-

[7]) Knoblauch u. Hencky, Anleitung zu genauen technischen Temperaturmessungen, München u. Berlin 1926.

Abb. 13 und 14
Schematische Skizze des Widerstandsthermometers.

solut bestimmt, indem die zwei Lötstellen gegen ein Eislötstelle geschaltet und der Ausschlag eines Millivolt meters abgelesen wurde; das andere Mal wurde de Temperaturunterschied der beiden Meßstellen durcl Gegeneinanderschalten der Lötstellen nach der Lindeck Rotheschen Kompensationsmethode gemessen. Unter Be rücksichtigung der Ablesegenauigkeit der beim Eichen benutzten Quecksilberthermometer sowie der graphischen Ausgleichung beim Eichen der Thermoelemente be trägt die Genauigkeit der Messung der Temperatur unterschiede etwa 0,02 °. Die Meßgenauigkeit der ab soluten Temperaturen brauchte nicht so weit getrieben zu werden, sie dürfte 0,2 ° betragen.

Zur Nachprüfung der Messungen von t_1 und t_2, di im ersten Teil der Versuche mit Thermoelementen ausgeführt waren, wurden im zweiten Teile de Versuche Widerstandsthermometer aus Platindraht Abb. 12, benutzt. Ihr Entwurf war nicht ganz einfach weil sie in die Thermometerrohre von nur 3,6 mm l. W. vo unten eingeschoben werden mußten. Für den Wider standsdraht und dessen elektrische Isolierung stand da her nur ein sehr geringer Raum zur Verfügung. Abb. 13 und 14 zeigen schematisch, daß der Platindraht in Ein kerbungen eines Glimmerstreifens eingelegt war. Di Einkerbungen waren so tief, daß der Draht das Thermo meterrohr beim Einschieben nicht berühren konnte. Di Widerstandsspule war rd. 8 cm lang. Die Zuleitungen bestehen, soweit sie hoher Temperatur ausgesetzt waren aus Gold. Der Widerstand wurde mit einem Kreuz spulengerät nach der Methode des übergreifenden Neben schlusses[8]) bestimmt. Da die zu messenden Temperatur unterschiede 3 bis 10 ° betragen, genügt eine Meßgenauig keit von $^1/_{100}$ °.

[8]) F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, 14. Aufl., Leipzig 1923, S. 505.

Abb. 12. Widerstandsthermometer aus Platindraht.

Der Druck wurde bei D, Abb. 7, mittels Federmanometers bestimmt. Für Drücke bis zu 120 at standen drei anometer zur Verfügung, die, da sie dauernd belastet aren, jeweils nur auf drei Viertel ihres Meßbereiches enutzt wurden. Sie wurden mehrfach nachgeprüft nd zeigten keine größeren Fehler. Die Unterschiede er Drücke vor und hinter dem Kalorimeter wurden mittels eines Quecksilbermanometers bestimmt, das bei D nd E angeschaltet war. Die aus Abb. 15 ersichtliche orm wurde gewählt, um die Verschmutzung der abzusenden Quecksilberkuppen zu vermeiden, die eintritt, enn sie mit dem Dampf unmittelbar in Berührung kommen.

Das Differentialmanometer besteht aus zwei Klingerchen Wasserstandzeigern a, b, deren Schaugläser den and des Quecksilbers gut erkennen lassen und die oben iteinander verbunden sind. Eine mittels Schraube c verchließbare Öffnung dient zum Einfüllen von Toluol. nten sind die Wasserstandzeiger mit gebogenen Rohren d id e über Absperrventile mit den Meßstellen D und E n Kalorimeter verbunden. Der Druckunterschied zwichen D und E erzeugt Höhenunterschiede zwischen d id a sowie zwischen b und e, wobei jedoch nur die enisken in a und b sichtbar sind. Um die Unterschiede vischen a und b bei gegebenem Druckunterschied mögchst groß und gut meßbar zu machen, müssen, wie sich icht übersehen läßt, die Querschnitte von d und e mögchst groß gegenüber denen von a und b gewählt werden. e sind bei der Versuchsanordnung etwa doppelt so groß. ur Druckübertragung im Verbindungsrohr zwischen den chenkeln a und b dient die Füllung mit Toluol.

Unter der Annahme, daß vor dem Versuch das Quecklber in den Schenkeln a und b gleich hoch gestanden at, berechnet sich mittels einer einfachen Überlegung er Druckunterschied während des Versuches aus dem abelesenen Höhenunterschied der Menisken unter Berückchtigung der spezifischen Gewichte von Quecksilber, Vasser und Toluol und dem Verhältnis der Querschnitte er Rohre a und d sowie b und e. Da jedoch vor den ersuchen im allgemeinen die Quecksilberspiegel nicht eich hoch standen, mußte die Nullage jeweils bestimmt erden. Zu diesem Zweck wurde nach Abschluß des ersuches ein unmittelbar vor dem Kondensator befindches Nadelventil N, Abb. 4, geschlossen, so daß nunehr, nachdem das Strömen des Dampfes aufgehört hatte, if beiden Seiten des Differentialmanometers gleiche Drücke errschten. Der alsdann beobachtete Stand der Quecklberkuppen ist die Nullage. Die Höhenunterschiede wuren mit einem Kathetometer abgelesen.

Der am Differentialmanometer gemessene Druckunterchied Δp war stets sehr gering. Somit war es zulässig, n an der Stelle D, Abb. 7, also vor dem Kalorimeter geessenen Druck p als den mittleren Druck $p - \frac{\Delta p}{2}$ im alorimeter anzusehen.

Über das Nadelventil N hinter dem Kalorimeter wurde er Dampf in einem Kondensator niedergeschlagen und is Kondensat abgefüllt und gewogen.

Abb. 15. Differentialmanometer.

a, b Wasserstandzeiger c Füllschraube
d, e gebogene Rohre zum Anschluß an die Meßstellen

Durchführung und Ergebnisse der Versuche

Mit der elektrischen Heizung wurde zunächst der Kessel auf den gewünschten Druck aufgeheizt. Da wegen mangelnder Betriebserfahrung an Höchstdruckkesseln die elektrischen Heizkörper vorsichtig bemessen worden waren, so war ihre höchste Belastung im Vergleich zur Masse des Kessels und seines Inhaltes ziemlich gering und die Anheizdauer ziemlich groß. Der Kessel mußte daher meist am Tag vorher angeheizt werden, falls die Versuche nicht an aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt wurden. Gleichzeitig mit der Dampfentnahme wurde die elektrisch angetriebene Kesselspeisepumpe in Betrieb gesetzt, die den durch den Apparat laufenden und dann kondensierten Dampf in den Kessel zurückspeist. Etwaige Druckschwankungen im Kessel wurden durch Regeln der elektrischen Heizung und durch Ändern der Speisewassermenge ausgeglichen. Hierbei bot es bei dauernder Überwachung keine erheblichen Schwierigkeiten, den Druck während der ganzen Versuchsdauer völlig konstant zu halten.

Der dem Kessel entnommene Dampf wurde mittels des Absperrventils vor dem Kondensator auf eine bestimmte Menge eingestellt. Die Vorüberhitzer wurden elektrisch auf die gewünschte Eintrittstemperatur im Kalorimeter aufgeheizt. Die Temperaturen wurden unter voller Belastung des ersten Überhitzers durch Regeln der Beheizung des zweiten geändert, weil hierauf die Eintrittstemperatur des Dampfes in das Kalorimeter rascher ansprach. Zur Heizung der Vorüberhitzer wurde die Akkumulatorenbatterie des Laboratoriums und bei höherer Beanspruchung städtischer Netzstrom mit Spannungsregler verwandt.

Die wichtigste Heizung, die des Kalorimeters, wurde stets der großen Batterie des Laboratoriums entnommen. Je nach den besondern Verhältnissen, größerer oder kleinerer Dampfmenge, höherer oder niedrigerer Überhitzung, wurde die Kalorimeterheizung passend gewählt. Hierauf begann die mühevolle und oft zeitraubende Aufgabe, den Beharrungszustand der Temperaturverteilung des Kalorimeters einzustellen, bei dem alle seine Teile unverändert ihre Temperaturen behalten und das Kalorimeter vor Wärmeaustausch mit der Umgebung geschützt ist. Unter günstigen Umständen dauerte dies zwei Stunden, unter ungünstigen die doppelte oder auch dreifache Zeit. Zum Erreichen des Beharrungszustandes mußten die Schutzheizungen so belastet werden, daß die gegeneinander geschalteten Lötstellen der Thermoelemente, z. B. 5 i und 5 a, Abb. 7, keine Thermokräfte, also die Temperaturunterschiede null anzeigten.

Um diese Belastung möglichst genau einstellen zu können, wurde eine Meßanordnung gewählt, die bereits kleine Abweichungen von der jeweils richtigen Einstellung der Heizungen deutlich erkennen läßt. Aus diesem Grunde wurde der Luftraum zwischen dem Kalorimeter und der Innenseite der es umgebenden Heizkörper in der aus Abb. 7 erkennbaren Weise durch zwei Aluminiumbleche geteilt. Solange die beiden Lötstellen der Differentialthermometer nicht gleiche Temperaturen haben, fließt vom Kalorimeter zur Schutzheizung etwa ein Wärmestrom, der vom Temperaturunterschied der Lötstellen und vom Wärmedurchgangswiderstand der Schicht zwischen Kalorimeter und Schutzheizung abhängt. Dieser wird durch die Aluminiumbleche mit kleiner Strahlungszahl stark erhöht, so daß selbst bei größerem Temperaturunterschied doch nur wenig Wärme in der Zeiteinheit von innen nach außen fließt.

Umgekehrt haben bei etwaigen Schwankungen um den Zustand der Temperaturgleichheit der Stellen i und a bereits kleine übertretende Wärmemengen große Temperaturunterschiede zwischen diesen Stellen zur Folge. Die Beobachtung der Temperaturunterschiede zwischen den Punkten i und a gestattet also, die Schutzheizung sehr genau einzustellen; es war in der Tat möglich, durch Regeln der Schutzheizungen I bis III des eigentlichen Kalorimeters den Wärmeaustausch mit der Umgebung zu verhindern.

Das gleiche Ziel wurde beim unteren Teil des Kalorimeters in folgender Weise erreicht: Sämtliche Thermo-

Zahlentafel 1

Versuch Nr.	Tag	p at	$\frac{t_1+t_2}{2}$ °C	t_2-t_1 °C	Δt °C	G kg/h	Q kcal/h	Dauer des Beharrungszustandes min	c_p kcal/kg °C	Art der Messung
1	5. 10. 27	19,8	332,9	5,94	0,018	6,308	20,45	160	0,544	Th
2	6. 6. 28	19,9	334,8	11,81	0,088	15,751	101,1	120	0,540	W
3	4. 10. 27	19,9	335,9	12,01	0,065	13,328	86,2	120	0,536	Th
4	12. 6. 28	29,9	241,6	3,62	0,064	15,414	45,43	140	0,801	W
5	10. 10. 27	29,9	246,6	10,94	0,066	13,580	115,1	120	0,769	Th
6	12. 6. 28	29,9	259,3	10,44	0,056	15,309	114,0	70	0,709	W
7	11. 10. 27	29,8	283,8	10,48	0,062	15,196	102,1	50	0,638	Th
8	11. 10. 27	29,8	320,1	10,73	0,048	13,931	87,9	80	0,585	Th
9	21. 6. 28	29,9	353,9	5,08	0,031	13,457	39,07	90	0,568	W
10	21. 6. 28	29,9	358,4	14,23	0,029	13,311	108,1	70	0,569	W
11	12. 10. 27	29,8	386,3	11,18	0,054	13,826	85,9	75	0,553	Th
12	25. 6. 28	29,9	433,9	6,21	0,036	14,840	51,6	80	0,556	W
13	25. 6. 28	29,9	437,0	12,40	0,035	14,814	102,9	70	0,559	W
14	1. 8. 28	29,9	493,2	6,56	0,025	13,723	50,65	70	0,560	W
15	31. 7. 28	40,1	252,8	3,03	0,043	14,093	40,10	80	0,927	W
16	18. 6. 28	40,1	257,3	2,79	0,056	15,779	40,87	100	0,909	W
17	4. 11. 27	40,1	263,8	7,46	0,042	14,594	91,4	70	0,835	Th
18	5. 11. 27	40,1	274,0	9,32	0,027	12,395	90,3	100	0,779	Th
19	5. 12. 27	40,1	288,5	9,16	0,046	14,400	94,6	120	0,714	Th
20	5. 12. 27	40,1	322,7	9,87	0,044	14,983	94,1	90	0,633	Th
21	26. 6. 28	40,1	371,2	10,42	0,038	14,513	90,4	60	0,595	W
22	26. 6. 28	40,1	403,7	11,28	0,032	14,480	94,2	80	0,576	W
23	26. 6. 28	40,1	436,5	11,34	0,031	14,936	97,1	100	0,571	W
24	20. 6. 28	40,1	436,8	10,96	0,032	15,950	100,0	120	0,571	W
25	2. 8. 28	40,1	494,0	8,18	0,019	13,729	64,1	60	0,569	W
26	15. 6. 28	60,2	280,3	2,16	0,028	15,200	36,75	90	1,105	W
27	15. 6. 28	60,2	283,8	7,46	0,026	14,724	114,7	60	1,040	W
28	28. 11. 27	60,1	287,5	7,08	0,016	12,220	86,3	80	0,994	Th
29	2. 11. 27	60,2	301,1	8,92	0,015	12,078	94,9	60	0,879	Th
30	28. 11. 27	60,1	324,6	9,83	0,022	14,473	107,4	180	0,754	Th
31	22. 11. 27	60,1	334,6	9,37	0,023	15,097	103,3	80	0,729	Th
32	27. 6. 28	60,2	368,0	11,15	0,019	13,685	100,2	90	0,655	W
33	22. 11. 27	60,1	369,2	10,15	0,015	13,375	87,2	25	0,641	Th
34	13. 6. 28	60,2	429,0	10,13	0,016	16,280	100,0	80	0,605	W
35	27. 6. 28	60,2	437,7	13,71	0,016	13,103	108,9	90	0,606	W
36	11. 7. 28	80,0	297,6	3,12	0,018	14,477	61,6	80	1,355	W
37	11. 7. 28	80,0	300,5	7,65	0,014	13,879	134,8	80	1,267	W
38	25. 10. 27	79,9	309,7	8,27	0,028	17,723	165,2	45	1,123	Th
39	22. 10. 27	79,9	326,2	12,99	0,009	10,533	126,8	40	0,927	Th
40	10. 11. 27	79,9	341,5	9,47	0,017	14,924	117,2	100	0,828	Th
41	3. 7. 28	80,0	375,0	5,47	0,011	13,046	51,5	80	0,721	W
42	3. 7. 28	80,0	377,5	10,60	0,011	12,996	99,9	160	0,724	W
43	5. 7. 28	80,0	421,0	5,95	0,013	14,278	55,6	70	0,653	W
44	5. 7. 28	80,0	423,7	11,28	0,014	14,689	108,9	130	0,657	W
45	17. 7. 28	100,2	314,9	5,18	0,009	12,675	100,4	70	1,527	W
46	29. 11. 27	100,2	317,9	3,47	0,006	13,011	68,8	65	1,526	Th
47	17. 7. 28	100,2	318,0	9,79	0,009	12,636	176,1	80	1,422	W
48	29. 11. 27	100,2	324,5	9,61	0,005	12,543	163,2	60	1,354	Th
49	1. 12. 27	100,2	335,0	10,26	0,010	13,370	154,8	90	1,128	Th
50	6. 12. 27	100,2	352,5	10,80	0,012	12,270	125,2	60	0,944	Th
51	6. 12. 27	100,2	376,1	10,79	0,010	12,563	111,2	120	0,819	Th
52	19. 7. 28	100,2	411,9	9,85	0,011	14,379	102,7	70	0,724	W
53	19. 7. 28	100,2	410,1	4,76	0,010	14,112	49,30	70	0,732	W
54	24. 7. 28	120,1	326,9	3,75	0,008	13,638	100,9	90	1,967	W
55	24. 7. 28	120,1	328,6	4,62	0,008	13,393	115,9	60	1,870	W
56	27. 7. 28	120,1	335,4	7,93	0,008	12,574	154,7	70	1,550	W
57	11. 11. 27	120,1	342,2	10,81	0,005	11,301	166,7	70	1,363	Th
58	15. 11. 27	120,0	345,1	9,58	0,007	13,190	167,5	50	1,324	Th
59	11. 11. 27	120,1	352,7	11,02	0,004	10,289	136,1	80	1,200	Th
60	15. 11. 27	120,1	365,9	10,17	0,002	10,468	109,3	80	1,026	Th
61	27. 11. 27	120,1	389,0	9,75	0,006	11,271	94,8	120	0,862	Th
62	27. 7. 28	120,1	427,6	9,52	0,006	13,744	97,5	70	0,743	W

elemente zur Bestimmung der Oberflächentemperaturen konnten außer auf Messung von Unterschieden auch auf Messung der absoluten Temperaturen geschaltet werden. Auf diese Weise wurden die Temperaturen der Meßpunkte i des o b e r e n Kalorimeterteiles gegen eine Eislötstelle gemessen und danach auch die Temperaturen im u n t e r e n Kalorimeterteil durch Regeln der Heizung auf den gleichen Wert eingestellt. So wurde erreicht, daß die ganze aus Heizkörpern gebildete Umgrenzung des Kalorimeters die gleiche Temperatur hatte, wie dessen Oberfläche.

Die letzte Aufgabe bestand dann darin, die Wärmeableitung der Dampfzu- und -abführungsrohre zu verhindern, welche die Meßstellen für die Temperaturen t_1 und t_2 enthalten. Diese Rohre müssen durch die Schutzheizungen an den Flanschen und auf den benachbarten Teilen der Rohre so beheizt werden, daß die Temperaturen an den Meßstellen 2 und 4 und ebenso bei 13 und 11 gleich sind, denn nur dann wird verhindert, daß Wärme aus dem Kalorimeter längs der beiden Rohre verloren geht, und zugleich gewährleistet, daß die in die Thermometerrohre eingeschobenen Meßgeräte die Temperaturen t_1 und t_2 richtig anzeigen.

Bei den Versuchen mit Thermoelementen wurden die Temperaturen t_1 und die Temperaturunterschiede $(t_2 - t_1)$, bei den Versuchen mit Widerstandsthermometern die Temperaturen t_1 und t_2 alle 5 bzw. 10 min abgelesen.

Das Kondensat wurde in einem Gefäß aufgefangen und in Abständen von 5 bzw. 10 min gewogen.

Zur Erprobung der Apparatur waren etwa 25 Vorversuche notwendig, bevor die endgültigen 68 Versuche ausgeführt werden konnten. Von letzteren mußten sechs wegen Störungen als nicht einwandfrei ausgeschieden werden. Die Dampfmengen betrugen im allgemeinen 12 bis 15 kg/h, die Drücke 30, 40, 60, 80, 100 und 120 at, die oberen Temperaturgrenzen rd. 500° bei 30 und 40 at, im Mittel 425° bei den höheren Drücken. Die Temperatursteigerung im Kalorimeter lag zwischen 2 und 14°. Bei Versuchen in äußerster Nähe der Sättigungstemperatur wurde die Annäherung der Eintrittstemperatur im Kalorimeter an die Sättigungstemperatur nicht unter 2° gewählt, um zu vermeiden, daß Kondensat ins Kalorimeter gelangte. Bei diesen Versuchen wurde die Überhitzung $(t_2 - t_1)$ möglichst gering eingestellt, damit die Temperatur $\frac{t_1 + t_2}{2}$, welcher der Wert von c_p zuzuordnen ist, der Sättigungstemperatur möglichst nahe lag.

Sowohl bei höheren Drücken als auch bei höheren Temperaturen wurden absichtlich Vergleichsversuche mit hohen und niedrigen Überhitzungen im Kalorimeter durchgeführt, um festzustellen, ob in der Tat, wie bei der Versuchsmethode angestrebt, der Wärmeaustausch mit der Umgebung gleich null war; wäre dies nicht der Fall gewesen, so hätte er sich bei niedrigen Überhitzungen stärker bemerkbar gemacht als bei höheren und abweichende c_p-Werte ergeben. In Wirklichkeit stimmten die c_p-Werte in beiden Fällen gut überein.

Die Werte für 62 Versuche sind in der Zahlentafel 1 zusammengestellt und in Abb. 16 aufgetragen. Die Beobachtungen mit Thermoelementen sind durch o, die mit Widerstandsthermometern durch + kenntlich gemacht. Grundlegende Abweichungen dieser zwei Meßarten sind nicht erkennbar.

Durch Verbindung der dem gleichen Druck zugehörigen Werte erhält man die eingezeichneten c_p-Isobaren im c_p-t-Diagramm.

In Übereinstimmung mit den früheren, bei Drücken bis 30 at bestimmten Werten ergibt sich, daß c_p bei gegebener Temperatur mit dem Druck steigt und bei gegebenem Druck vom Sättigungspunkt an mit zunehmender Temperatur sinkt. Diese Abnahme wird mit zunehmendem Druck immer größer.

Bei früheren Versuchen mit niedrigeren Drücken hatte sich gezeigt, daß auf die Abnahme in Sättigungsnähe bei weiterer Temperatursteigerung im Gebiete der hohen Überhitzung wiederum ein Ansteigen von c_p folgt. Dieses bemerkenswerte Verhalten verschiebt sich mit zunehmendem Druck zu immer höheren Temperaturen. Es ist bei Drücken von 30 at noch festzustellen, ist bei 40 at durch die Konstanz von c_p zwischen 440 und 500° angedeutet, kann jedoch bei den höheren Drücken innerhalb des angewandten Temperaturbereiches nicht mehr festgestellt werden.

Um den zahlenmäßigen Anschluß der neueren Beobachtungen über 30 at an die älteren bis zu 30 at zu gewinnen, sind in das Diagramm die von Knoblauch-Raisch gemessenen Werte bei 30 at (Doppelkreise) eingetragen. Außerdem ist bei 20 at der durch die neuen drei Versuchspunkte bei etwa 335° gehende Teil der früheren Isobare gestrichelt eingezeichnet. Die Übereinstimmung mit den früher gewonnenen Werten ist sehr gut.

Eine eingehende Besprechung der sehr geringen Unterschiede, sowie deren Ausgleich soll erst gelegentlich der Neubearbeitung der Tabellen und Diagramme für Wasserdampf[9]) erfolgen. Während diese auf den c_p-Bestimmungen bis 30 at aufgebaut und bis 60 at extrapoliert waren, soll sich die Neuauflage, die schon in Angriff genommen ist, auf den vierfachen Druckbereich bis 120 at erstrecken. Eine Extrapolation auf höhere Bereiche wird durchgeführt werden können. Um auch für diese die experimentellen Unterlagen zu schaffen, sollen die Versuche in einer bereits entworfenen Versuchseinrichtung bis zu 250 at ausgedehnt werden; dabei wird auch das Gebiet in der Nähe des kritischen Druckes von 225 at untersucht werden, wo $c_p = \infty$ werden muß.

[9]) Osc. Knoblauch, E. Raisch und H. Hausen, Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, München u. Berlin 1923.

Abb. 16
c_p-Isobaren im c_p-t-Diagramm.

Zusammenfassung

Die spezifische Wärme c_p des überhitzten Wasserdampfes wurde im Druckbereich von 30 bis 120 at und für Temperaturen von Sättigungstemperatur bis 450 °C nach der Durchflußmethode bestimmt. Das Kalorimeter besteht aus einer Rohrschlange, die mit Aluminium umgossen ist und durch eine enganliegende elektrische Heizwicklung erwärmt wird. Um die Meßgenauigkeit zu erhöhen, ist das Kalorimeter durch außen angebrachte, elektrisch erwärmte Schutzheizungen vor Wärmeverlust an die Umgebung geschützt.

Durch 62 Versuche wurde festgestellt, daß für Drücke zwischen 30 und 120 at ebenso wie bei niedrigeren Drücken die spezifische Wärme bei gegebener Temperatur mit dem Druck wächst. Bei gegebenem Druck nimmt c_p mit zunehmender Temperatur von einem Höchstwert im Sättigungspunkt ab, und zwar bei steigendem Druck in immer höherm Maße. Bei niedrigeren Drücken folgt auf diese Abnahme von c_p nach Überschreiten eines Kleinstwertes wiederum ein Ansteigen. Dieser Kleinstwert verschiebt sich mit zunehmendem Druck zu immer höheren Temperaturen. Er ist bei den neuen Versuchen für 40 at durch die Versuchspunkte noch angedeutet, liegt jedoch bei den darüber liegenden Drücken oberhalb des untersuchten Temperaturbereiches.

Der größte bei Wasserdampf bis jetzt gemessene Wert beträgt bei 120 at und 327 °C $c_p = 1{,}967$, ist also etwa doppelt so groß wie der des flüssigen Wassers.

Zahlenmäßig ergibt sich ein recht guter Anschluß der neuen c_p-Werte an die früher bei niedrigeren Drücken beobachteten. [B 2196]

Schutzanstrich für Schamottemauerwerk

Die Schamottesteine, mit denen fast alle Feuerungen ausgemauert werden, haben eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer. Weniger die hohen Temperaturen, denen sie ausgesetzt werden und denen gute Steine ohne weiteres standhalten, als chemische Einflüsse wirken zerstörend auf sie ein. Ein feuertechnisch hochwertiger Schamottestein soll ein möglichst lockeres Gefüge haben, da nur dann in der Hitze ein Rissigwerden der Masse sowie Absprengungen und Abbröckelungen vermieden werden. Diese Porosität leistet aber gerade dem Eindringen schädlicher Gase, Schlacken und Metalldämpfe Vorschub. Ist die Schlacke basisch, so geht sie mit der Kieselsäure der Schamotte eine chemische Verbindung ein, ist sie sauer, mit der Tonerde. In beiden Fällen wird die Festigkeit der Steine, deren innerer Zusammenhalt zerstört wird, beeinflußt.

Ebenso wirkt glühende alkalische, oft mit Metalldämpfen durchsetzte Flugasche. Sie verbindet sich chemisch mit den Silikaten der Schamotte; es entstehen tropfsteinartige Gebilde. Beim Abstoßen der tief in das Mauerwerk eingedrungenen Schlacken werden die Steine beschädigt, aus den bröckelig gewordenen Wänden werden größere Brocken, oft sogar ganze Steine herausgerissen. Oft muß man nach verhältnismäßig kurzer Lebensdauer des Feuerungsgewölbes die Schamotteauskleidung oder sogar das ganze Mauerwerk vollständig erneuern, was stets mit längeren Betriebsstörungen verbunden ist und hohe Kosten verursacht. Will man diese schädlichen Einwirkungen vermeiden, ohne von der Verwendung hochwertiger poröser Steine Abstand zu nehmen, so muß man die äußeren Poren des Steines und die Fugen des Mauerwerks schließen. Dies läßt sich durch eine Glasierung erreichen.

Die Anstrichmasse Pyroment, die diese Glasierung bewirkt, besteht im wesentlichen aus geeigneten Tonen und Silikaten und enthält Zuschläge, die den Zweck haben, schon bei niedrigen Temperaturen, d. h. bei etwa 600 bis 700 °C (beim Anheizen) eine chemische Bindung der Anstrichmasse mit dem Schamottestein herbeizuführen, so daß sie fest auf dem Stein haftet. Zugleich setzen die Zuschläge auch die Sinterungstemperatur gegenüber dem Schmelzpunkt möglichst tief herab. Die Sinterung vollzieht sich bei einer Temperatur von etwa 1100 °C, während das Fließen der Masse und die Glasurbildung bei etwa 1400 °C stattfindet[1]). Der Schamottestein beginnt bei derselben Temperatur weich zu werden und, gleichviel ob er mit dem Schutzanstrich versehen ist oder nicht, bei etwa 1700 °C zu fließen. Je tiefer der Sinterungspunkt des Anstrichs liegt, um so besser. Bei neueren Versuchen mit anders gearteten Zuschlägen und richtig gewählten Korngrößen ist es bereits gelungen, die Sinterungstemperatur des Pyroments bis auf etwa 900 °C herabzudrücken, ohne den Schmelzpunkt zu beeinflussen, ein Umstand, der die feuerungstechnische Brauchbarkeit der Anstrichmasse wesentlich verbessert.

Eingehende Versuche an Feuerungsgewölben, die zur Hälfte den Schutzanstrich hatten, zur andern Hälfte ungeschützt waren, haben die günstige Wirkung des gebildeten porzellanartigen Überzuges deutlich erwiesen. Selbst in Betrieben, die sehr hohe Anforderungen an die Beständigkeit des Schamottemauerwerks stellen, hat sich das Pyroment seit Jahren durchaus bewährt. Sein Anwendungsgebiet ist fast unbeschränkt. So verhindert z. B. die einmal gebildete Glasur im elektrischen Salzbadhärteofen wirksam das Eindringen des Salzgemisches in die Poren und Fugen des Mauerwerks. Auch die mit einem solchen Schutzanstrich versehenen Feuerungskanäle und Feuerungsgewölbe von Emailschmelzöfen haben den Einwirkungen der Feuerungsgase und Schlacken jahrelang standgehalten.

RZ 1905 Z 1

Abb. 1
Gesinterter Pyromentanstrich des Mauerwerks eines Feuerungsofens.
Vergr. rd. 120 fach.

RZ 1906 Z 2

Abb. 2
Bruchfläche eines mit Schutzanstrich versehenen Schamottesteines. Die Glasurschicht ist dicht und gleichmäßig ohne Risse oder Poren.
Vergr. rd. vierfach.

Die in kalkfreiem Wasser aufzulösende pulverförmige Masse wird nach sorgfältiger Reinigung des zu schützenden Mauerwerks mit einem Maurerpinsel aufgetragen. Der Anstrich wird nach dem Antrocknen wiederholt, bis er 2 bis 4 mm dick ist. Bei älterem Mauerwerk werden die schadhaften Stellen zuvor mit Schamottebrocken und einem aus Pyroment hergestellten steifen Brei ausgeklebt und die Fugen sorgfältig ausgestrichen. Für 1 m² Mauerfläche braucht man etwa 6 bis 8 kg Anstrichmasse. Beim Anheizen mit gelindem Feuer brennt der Überzug in die Schamotte ein; im vollen Feuerungsbetriebe bildet sich die feste Glasur.

Der gesinterte Pyromentanstrich, Abb. 1, entstammt einem Feuerungsofen. Man erkennt aus der leichten Blasenbildung, daß der Überzug im zähflüssigen Schmelzfluß war, und aus der Struktur, daß er weder Risse noch Poren aufweist, also gut dichtend abschließt. Eine vorzüglich dichte und gleichmäßige Glasurschicht ohne Risse und Poren zeigt eine Bruchfläche desselben Stückes, Abb. 2. Die Glasur ist in die Oberfläche des Steines eingedrungen.

Die guten Eigenschaften des Pyroments treten besonders dann hervor, wenn man die Masse an Stelle von Schamottemörtel zum Aufbau der Feuerungsgewölbe und Feuerungskanäle verwendet, wobei man die Dicke der Mauerfugen so gering wie irgend möglich gestalten soll. Bei der Sinterung werden die Steine so fest miteinander verbunden, daß das Mauerwerk wie aus einem einzigen fest geschlossenen Block zusammengeschweißt erscheint. Ein mit einem Schutzanstrich aus Pyroment versehenes Mauerwerk hat etwa die dreifache Lebensdauer eines ungeschützten, während ein mit Pyromentmörtel aufgemauertes und mit Pyroment geschütztes Mauerwerk lange Zeit selbst den stärksten Beanspruchungen widersteht.

Bei dem verhältnismäßig geringen Preise der Schutzmasse — 100 kg kosten etwa 80 RM — ist die Ersparnis nicht gering, zumal auch die leidigen, immer hohe Kosten verursachenden Betriebsstörungen an den Feuerungsanlagen wesentlich eingeschränkt werden. [M 1906]

Bad Schwartau G. Linde

[1]) Nach Untersuchungen des Chemischen Instituts von Prof. Seeger und Dr. Cramer liegt der Schmelzpunkt des Pyroments bei 1700° C.

Fortschritte im Bau von Wasserturbinen

Francisturbinen

Von Prof. Dr.-Ing. Oesterlen, Hannover

Erhöhung des Wirkungsgrades der Francisturbinen durch bessere Formgebung der Schaufelung, Weglassung des Laufradaußenkranzes und Verminderung des Spaltverlustes — Wichtigkeit der Modellversuche und ihre Umrechnung auf große Ausführungen — Verwendung von Francisturbinen großer Leistung für hohe Gefälle und deren Bauart — Neuere Niederdruckanlagen mit Stirnradübersetzung.

Verbesserung der Schaufelformen

Die Einsicht in die Strömungsverhältnisse der Propeller- und Kaplanturbinen mit den zellenlosen Laufrädern verdanken wir in der Hauptsache den rschungen auf aerodynamischem Gebiet an Flugzeugagflügeln. Sie ist aber noch nicht soweit gediehen d die Strömung im begrenzten achsensymmetrischen um bei schräger stark gestaffelter Gitteranordnung r Flügel (Schaufeln) ist, im Gegensatz zum ungrenzten Raum und der Strömung der Luft um einen er zwei Tragflügel, noch nicht soweit erforscht, daß n die Vorgänge mit der gleichen Sicherheit wie beim ugzeug mathematisch verfolgen könnte. Dagegen haben r eine ziemlich klare Anschauung und physikalische rstellung über die Strömung an der Hand dieser Forungen gewonnen, so daß wir die Ursachen kennen, nen die hohen Wirkungsgrade der neuzeitlichen Proler- und Kaplanturbinen mit großer Schnelläufigkeit verdanken sind.

Diese Erkenntnis wurde nun naturgemäß auch zur rbesserung der älteren Bauart der Überdruckturbinen, Francisturbinen, benutzt und hat zusammen mit aueren Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades ch dieser Turbinenart geführt, so daß heute die vor nigen Jahren noch für unmöglich gehaltenen Wirngsgrade von 90 bis 92 vH auch bei Francisturbinen d spezifischen Drehzahlen von $n_s = 100$ bis 400 ercht werden. In nachfolgendem seien kurz die Wege kennzeichnet, die zu dieser Wirkungsgradsteigerung führt haben.

Bis zum Aufkommen der Propellerräder war bei der rmgebung der Leit- und Laufradkanäle der Francisrbinen in der Hauptsache immer noch die klassische rbinentheorie wirksam, die eine möglichst gute Fühng des Wassers vom Eintritt bis zum Austritt des it- und Laufrades verlangt und dadurch erreichte, daß r allem im Laufrad die Schaufeln richtige Kanäle deten, mit einem allmählichen Übergang vom Eintts- bis zum wesentlich kleineren Austrittsquernitt und mit besonders guter Führung des Wassers Austritt durch parallele Schaufelflächen. Es sollte lurch eine allmähliche Beschleunigung des Wassers Schaufelkanal und ein Austritt in möglichst ich gerichteten und mit gleicher Geschwindigkeit eßenden Wasserfäden erzielt werden. Dadurch eroen sich lange Schaufeln, und die letzte Forderung vergte zudem noch eine große Schaufelzahl, da die Unteriede in der Geschwindigkeit der einzelnen Wasseren bei gekrümmten Kanälen mit der Größe der Quernitte zunehmen.

Infolge der Parallelführung der Schaufelenden ist lichte Weite jedes Kanals durch die Schaufelteilung und den Austrittswinkel eindeutig bestimmt und am ausgeführten Rade nachzumessen, wodurch sich die Ausführung leicht kontrollieren ließ. 1912 habe ich die reine Parallelführung der Schaufelenden des Laufrades verlassen und die Schaufeln um ihre Dicke aufgebogen[1]), wobei sich durch Vergleichsversuche eine nicht unerhebliche Wirkungsgradzunahme nachweisen ließ. Aber zum restlosen weitergehenden Aufgeben der Parallelführung der Schaufelenden und damit zum Verzicht auf die vermeintliche gute Führung des Wassers beim Austritt aus den Laufradschaufeln hat man sich meines Wissens bewußt erst auf Grund der mit den Propellerrädern von Kaplan und Lawaczek erzielten Erfolge entschlossen. Daß damit besonders bei wenig Schaufeln, also großer Teilung, in hydraulischer Hinsicht wesentlich bessere Kanalformen, kürzere Wege, kleinere benetzte Flächen und durchschnittlich, d. h. über die ganze Kanallänge gemessen, geringere Wassergeschwindigkeiten erzielt und die Reibungsverluste an den Wänden wesentlich geringer werden, zeigt am besten Abb. 1, in der die alte und neue Kanalform bei gleicher Schaufelzahl und gleichen Ein- und Austrittswinkeln einander gegenüberstehen. Bei dieser neuen Gestaltung sind am Austritt nur die Winkel maßgebend; auf die lichte Weite zwischen den Schaufeln wird gar nicht mehr geachtet und auch die Kontrolle der Ausführung kann sich nur noch auf die Winkel beziehen. Die genaue Ausführung ist dadurch erschwert und muß, wie wohl bei fast jedem technischen Fortschritt, sorgfältiger sein.

Während in der Nähe des Laufradaußenkranzes die Schaufeln stets nur eine Krümmung aufweisen, zeigen die übrigen Schaufelschnitte der schnellaufenden Räder mit kleinen Eintrittswinkeln vielfach doppelte Krümmung mit einem oder zwei Wendepunkten, Abb. 2 dünn gezeichnet, oder bei einfacher Krümmung sehr lang-gestreckte und enge Kanäle, gestrichelt. Bei den doppelt gekrümmten Schaufeln treten beim Laufradeintritt leicht Querschnitterweiterungen und ein Ablösen des Wassers, verbunden mit Energieverlusten, auf. Besonders bei wenig Schaufeln werden die Eintrittsverhältnisse recht unsicher. Bei den langgestreckten Schaufeln sind die Verluste noch größer. Viel günstiger und klarer in der Wasserführung ist eine durchweg gleiche, und zwar

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 409, Oesterlen, Schnellaufende Wasserturbinen. Taschenbuch für den Maschinenbau von Dubbel, 4. Auflage Bd. 2 S. 224.

Abb. 1
Alte und neue Schaufelform bei Francis-Laufrädern.

Zu Abb. 1 und 2: Neue Schaufelform, dick gezeichnet.

Abb. 2
Änderung der Kanalform in solche mit kleiner Schaufellänge und großem Winkel β_1.

Abb. 3
Laufrad-Achsenschnitt mit nach innen gerückter Eintrittskante.

Abb. 4
Eintrittsdiagramme. Änderung des Winkels β_1 mit kleiner werdendem u_1.

Abb. 5
Relative Stromlinien beim kurzen, weiten Laufradkanal.

konkave Krümmung der Druckseite der Schaufeln, und sie läßt sich unter den neuen Gesichtspunkten, selbst bei sehr schnellaufenden Rädern, in allen Teilen des Laufrades erreichen, wenn man dafür sorgt, daß die Schaufeln kurz und der Eintrittswinkel β_1 genügend groß werden.

In dem schaufellosen Raum zwischen Leit- und Laufrad folgt die Wasserströmung dem Gesetz $c_u u =$ konst. Die Umfangskomponente c_{1_u} der absoluten Wassergeschwindigkeit am Laufradeintritt wird mit kleinerer Umfangsgeschwindigkeit u_1, also bei gegebener Drehzahl mit abnehmendem Durchmesser der Eintrittstelle größer. Zeigt das Geschwindigkeitsdiagramm für den Eintritt auf dem Durchmesser D_1', Abb. 3, die in Abb. 4 gestrichelt gezeichnete Form mit dem Schaufelwinkel β_1', so erhalten wir für das kleinere D_1 das ausgezogene Diagramm mit dem wesentlich größeren Winkel β_1. Außer dem wachsenden c_{1_u} trägt dazu auch die Zunahme von c_{1_m} bei, so daß β_1 sehr rasch größer wird. Man kann nun stets die Eintrittskante des Laufrades so weit gegen die Achse legen und die Schaufellänge AB, Abb. 3, so kurz machen, daß sich die Schaufel durchweg mit konkaver Druckseite ausbilden läßt, Abb. 2. Beim Zurücklegen der Laufrad-Eintrittskante gegen die Achse zu vergrößert sich der Schaufelspalt zwischen Leit- und Laufrad und verläuft die Strömung bei geringer Schaufelzahl und der dadurch bedingten großen Zellenweite beim Laufradeintritt nach Abb. 5, in der die relativen Stromlinien eingezeichnet sind.

Infolge der Trägheit des Wassers macht sich der Einfluß der Ablenkung der Wasserfäden durch die Laufradschaufeln schon im schaufellosen Raum geltend. Die zur Mitte des Laufradkanals fließenden Wasserfäden werden bereits vor dem Eintritt abgelenkt und die Wasserfäden, die Schichten gleicher Wassermengen entsprechen, legen sich an der Saugseite der Schaufel infolge der dort herrschenden größeren Geschwindigkeit enger aneinander. Dadurch entsteht beim Laufradeintritt in der Nähe der Schaufeln die aus der Abb. 5 ersichtliche entgegengesetzte Krümmung der Wasserfäden, die also einen größeren Schaufelwinkel β_{1_s} gegenüber dem Winkel β_1 verlangt, der sich rechnungsmäßig aus den mittleren Geschwindigkeiten des Eintrittsdiagrammes ergibt. Nur durch die einander zugekehrten Krümmungen der verschiedenen Wasserwege ist in dem schaufellosen Raum eine solche Ablenkung überhaupt möglich, da sich dabei die Ablenkkräfte in der Umfangsrichtung gegenseitig aufheben. Föttinger hat auf dieses „Übertreiben" des Eintrittswinkels schon 1912 aufmerksam gemacht[2]). Über die Größe des Schaufelwinkels β_{1_s} gegenüber dem Diagrammwinkel β_1 können bei unserer heutigen Erkenntnis dieser verwickelten Strömungsvorgänge noch keine Angaben gemacht werden, doch läßt sich ein gewisser Anhalt durch das Einzeichnen der Stromlinien gewinnen. Auch am Laufradaustritt macht sich bei weit gestellten Schaufeln die Winkelübertreibung geltend, der Schaufelwinkel β_{2_s} muß etwas kleiner als der Diagrammwinkel β_2, mit dem das Wasser tatsächlich austritt, gehalten werden.

Die einfache Krümmung der Laufradschaufeln vom Eintritt bis zum Austritt bietet noch den Vorteil, daß das gleiche Modell, derselbe Schaufelklotz, für verschieden

[2]) Föttinger, Über die physikalischen Grundlagen der Turbinen- und Propellerwirkung, Z. f. Flugtechn. u. Motorluftschiffahrt Bd. 3 (1912) S. 233 und 240.

Abb. 6 und 7
Verschiebung des Wirkungsgradfeldes bei Verlegung der Eintrittskante des Laufrades.

rehzahlen und damit auch verschiedene Schnelläufigkeiten verwendet werden kann, weil es nun möglich ist, en Eintrittsdurchmesser durch Wegschneiden an den chaufeln zu verkleinern, ohne daß der Eintrittswinkel ler die Schaufelform ungünstig werden. Abb. 6 nd 7 zeigen die Laufradumrisse und die Bremsergebisse eines in dem mir unterstellten Institut für Wasserraftmaschinen der Technischen Hochschule Hannover ntworfenen und untersuchten Modellrädchens für 250 mm beren Saugrohrdurchmesser, das lediglich durch Abrehen der Schaufeln am Eintritt für Schnelläufigkeiten on $n_s = 300$ bis 405 brauchbar ist.

Dem Vorteil des besseren Wirkungsgrades infolge der 'erkleinerung der benetzten Fläche im Laufrad steht die rößere spezifische Belastung der Schaufelfläche gegenber, durch die besonders bei höheren Gefällen die Hohlaumbildung (Kavitation) im Laufrad begünstigt wird. ie Druckunterschiede auf beiden Seiten einer Laufradchaufel müssen zunehmen, und damit wird auch die für ie Hohlraumbildung maßgebende größte Druckernierigung an der Saugseite der Schaufel wachsen. Deshalb uß man mit der Höhenlage der Turbine über dem Unterrasserspiegel sehr vorsichtig sein. Bei höherer spezischer Belastung der Schaufel empfiehlt sich, profilierte ngleich dicke Schaufeln zu verwenden, auch schon desalb, weil bei den geringen Schaufellängen sowieso icke Schaufeln am Laufradboden erforderlich sind, wo er Arbeitsdruck von der Schaufel auf die Nabe überragen und zur Welle weitergeleitet werden muß. Die rofilierten Schaufeln ergeben, wie die Profile der Flugeug-Tragflügel, einen geringeren Formwiderstand als die urchweg gleich dicken Blechschaufeln, und es ist desalb zu erwarten, daß solche Laufräder einen besseren Virkungsgrad aufweisen. Tatsächlich haben auch Veruche mit einer sonst gleichen Laufradkonstruktion, die as eine Mal mit profilierten und das andre Mal mit Blechschaufeln ausgeführt wurde, eine Wirkungsgradteigerung zugunsten der profilierten Schaufeln ereben. Aus diesen Überlegungen und Versuchen heraus at man auch erkannt, daß es jedenfalls zweckmäßig ist, ie Blechschaufeln am Austritt lang zuzuschärfen, um inen möglichst glatten Abfluß des Wassers ohne Wirbelildung hinter den Schaufeln zu erzielen und sie dagegen m Eintritt nicht mehr scharf zu machen, sondern aburunden[3]).

Weglassen des Laufrad-Schaufelkranzes

Der Wirkungsgrad läßt sich, besonders bei Schnelläufern, noch dadurch verbessern, daß man den Außenranz am Laufrad wegläßt und ihn durch einen festtehenden Führungsring ersetzt, in dem das nun flügelrtige Rad mit geringem Spiel umläuft. Einmal ist die Vandreibung des Wassers an dem feststehenden Ring leiner, da dafür die kleinere Absolutgeschwindigkeit nd nicht die Relativgeschwindigkeit wie beim umlauenden Außenkranz maßgebend ist, und zweitens fällt ie bei großen Umfangsgeschwindigkeiten nicht uneträchtliche Radseitenreibung weg. Weiterhin dürfte uch der Spaltverlust geringer sein. Durch das Wegassen des Außenkranzes leidet natürlich die Festigkeit es Laufrades, und es wird deshalb dann meist nötig, egossene und profilierte Schaufeln zu verwenden, die ach dem Laufradboden und der Nabe zu dick sein önnen. Nach Versuchen im Institut für Wasserkraftnaschinen an der Technischen Hochschule Hannover hat ich nach Ersatz des Außenkranzes durch einen festtehenden Mantel bei einem Rad mit $n_s = 300$ der Wirungsgrad im Mittel um 1 vH zwischen voller und halber Beaufschlagung erhöht, Abb. 8.

Vermindern der Spaltverluste

Bei Langsamläufern für hohes Gefälle ist von Escher Vyss & Cie., Zürich, der umlaufende Außenkranz früher benfalls schon weggelassen worden, und zwar ausgesprochen zu dem Zweck, den Spaltverlust herunterzudrücken[4]). Doch empfiehlt sich dies nur bei ganz reinem Wasser, und im allgemeinen verwendet man heute bei derartigen Hochdruckturbinen doch Laufräder mit Außenkranz und bringt zur Hebung des Wirkungsgrades durch Verringerung des Spaltverlustes mehrfache Spaltdichtungen sowie neuerdings, nach dem Vorgang der Amerikaner, auch Gummispaltringe an[5]). Nach den Berichten sollen sich die aus hartem Gummi hergestellten Spaltringe, die einen sehr kleinen Spalt zulassen, gut bewährt haben; ein Festklemmen trete nicht ein und die Abnutzung sei ganz gering. In Deutschland stellen Voith und Escher Wyss & Cie. seit einiger Zeit Versuche mit Gummispaltringen an, die aber ein abschließendes Urteil noch nicht zulassen. Von Escher Wyss & Cie. laufen seit zwei Jahren zwei Anlagen mit Gummispaltringen mit $n = 1000$ und 500 U/min bei sehr sandhaltigem Wasser, ohne daß sich bis jetzt eine nennenswerte Abnutzung gezeigt hat, was darauf hinweist, daß diese Neuerung auch bei uns Beachtung verdient.

Abb. 8
Wirkungsgrade eines Francis-Schnelläufers mit feststehendem und mit umlaufendem Außenkranz.

Belüftung des Saugrohres

Bei kleinen Beaufschlagungen läßt sich der Wirkungsgrad der Überdruckturbinen dadurch verbessern, daß beim Laufradaustritt in der Nähe der Achse Luft zugeführt wird. Die dort von einer gewissen Beaufschlagung ab eintretenden, Energie verzehrenden Rückströmungen vom Saugrohr in das Laufrad werden dadurch verhindert und der Wirkungsgrad wird etwas gehoben. Eine Verbesserung macht sich aber erst unter 0,3 bis 0,5 Beaufschlagung bemerkbar, und zwar rückt diese Grenze mit Zunahme der Schnelläufigkeit nach oben. Nach amerikanischen Berichten[6]) wird drüben neuerdings diese Belüftung der Turbinen häufiger angewendet und die Luft durch Ventile im Leitraddeckel zugeführt, deren Öffnung dann von der Stellung der Leitschaufeln abhängig gemacht werden kann. Die Belüftung bringt Vorteile, wenn man mit der Beaufschlagung der Turbinen im Betriebe unter 0,5 heruntergeht und z. B. eine Turbine mit Stromerzeuger als Phasenschieber mit Leerlaufbeaufschlagung laufen läßt. In Europa ist diese Belüftung schon 1914 vorgeschlagen und von Escher Wyss & Cie., Zürich, auch zum Patent angemeldet worden[7]). Verschiedene Anlagen wurden auch damit ausgerüstet, so die Turbinen der Mainkraftwerke bei Hanau[8]) und neuerdings die Spiralturbinen der Anlage Aufkirchen der „Mittleren Isar", hauptsächlich aber zur Belüftung der Saugrohre bei plötzlichen starken Entlastungen. Da die europäischen Anlagen im allgemeinen so angelegt werden, daß Beaufschlagungen unter 0,5 sehr selten sind, so ist der Nutzen im Wirkungsgrad gering, zumal man durch verbesserte Schaufelkonstruktion erreichen konnte, daß die Wirkung des Lufteinlasses erst weit unter halber Beaufschlagung einsetzt.

Formgebung der Leitschaufeln

Bei der Gestaltung der Leitschaufeln haben die gleichen Erkenntnisse wie bei der Formgebung der Laufradschaufeln dazu geführt, von einer Parallelführung am Austritt

[3]) Prof. Dr. Thoma hat die Abrundung am Laufradeintritt schon m Jahre 1911 vorgeschlagen, DRP 249844. Mit langer Zuschärfung der Blechschaufeln am Austritt habe ich bereits 1907 Versuche angestellt nd bei dicken Schaufeln eine Wirkungsgradverbesserung von durchchnittlich 1,5 vH nachgewiesen.

[4]) Z. B. bei der Doppelspiralturbine der hydraulischen Speicheranlage der Stadt Schaffhausen a. Rhein. Schweiz. Bauzeitung Bd. 55 (1910) S. 153.

[5]) Z. Bd. 68 (1924) S. 400. Vortrag von H. B. Taylor bei der Weltkraftkonferenz in Wembley. Report of Hydraulic Power Committee 1925 bis 1926 S. 21.

[6]) Power Bd. 64 (1926) S. 580; Wasserkraft und Wasserwirtschaft Bd. 22 (1927) S. 44; Elektr. World Bd. 87 (1926) S. 700, Nagler, Wenting Waterwheels for Efficiency.

[7]) DRP 279351. [8]) Schweiz. Bauzeitung Bd. 74 (1919) S. 265.

Abb. 9
Wirkungsgradkurven aus Abnahmeversuchen an Francisturbinen.

a Spiralturbine mit stehender Welle
$H = 280{,}5$ m, $N = 18\,000$ PS, $n = 600$ U/min
b „ „ stehender Welle
$H = 110$ m, $N = 18\,600$ „ , $n = 375$ „
c Doppelspiralturbine mit liegender Welle
$H = 42$ m, $N = 3175$ „ , $n = 500$ „
d Spiralturbine mit stehender Welle
$H = 28{,}5$ m, $N = 4800$ „ , $n = 300$ „
c Francis-Schnelläufer mit stehender Welle
$H = 7{,}2$ m, $N = 2390$ „ , $n = 93{,}7$ „

abzusehen und sie fast durchweg ganz symmetrisch mit nach ihrer Spitze hin geraden Flanken auszubilden. Im übrigen werden möglichst schlanke Formen gewählt, alles, um die Widerstände klein zu machen. Die früher allgemein üblichen gekrümmten Flanken der Leitschaufeln werden heute auch bei kleinen Laufraddurchmessern nur noch selten ausgeführt.

Wie weit man durch die planmäßige Weiterbildung der Laufradschaufelung und die Beachtung der verschiedenen oben angeführten Punkte mit den Wirkungsgraden guter Konstruktionen gekommen ist, sei an einigen Beispielen gezeigt. In Abb. 9 sind die bei Abnahmeversuchen gewonnenen Ergebnisse von vier Francisturbinenanlagen mit verschiedenen Gefällen und spezifischen Drehzahlen aufgetragen. Der größte Wirkungsgrad steigt bei allen Turbinen über 90 vH.

Umrechnung der Modellversuche

In hohem Maße haben die Modellversuche zu der raschen und günstigen Entwicklung im Wasserturbinenbau in den letzten 10 Jahren beigetragen, und allein mit ihrer Hilfe konnten die überraschend guten Wirkungsgrade der neuzeitlichen Konstruktionen erreicht werden. Die größeren Turbinenfirmen und wohl alle Versuchsanstalten für Wasserkraftmaschinen an den Technischen Hochschulen Deutschlands haben heute ihren Modellversuchstand, in dem Laufrädchen in der Größenordnung von 200 bis 300 mm Dmr. geprüft werden. Durch genaue Ausführung der Versuchsturbinen und Verfeinerung der Meßmethoden sind durchaus einwandfreie und wertvolle Untersuchungen mit diesen Einrichtungen möglich. Die Vorteile der billigeren Herstellung der Versuchsturbinen, der raschen Versuchsdurchführung, der bequemen Zugänglichkeit und leichten Änderungsmöglichkeit sowie der geringeren Kosten der Versuche sind so groß, daß heute stets neben dem großen Versuchstand für Laufräder in der Größenordnung von 500 bis 1000 mm Laufraddurchmesser ein Modellversuchstand als notwendig erkannt ist. Nicht nur für die Konstruktion von Leit- und Laufrad, sondern in hohem Maß auch für die Ausbildung der Saugrohre und weiterhin für den ganzen Turbineneinbau, den Zu- und Ablauf des Wassers, sind die Modellversuche außerordentlich wichtig geworden.

Die Modellrädchen sind geometrische Verkleinerungen der großen Räder und ihre Schluckfähigkeit sowie die günstigste Drehzahl ändern sich gesetzmäßig mit dem Vergrößerungsfaktor. Die für die Änderung des Wirkungsgrades mit der Turbinengröße aufgestellten Umrechnungsformeln haben sich gut bewährt, wenn sie auch noch nicht ganz zuverlässig sein können, da

Abb. 10
Schnitt durch die Francis-Spiralturbine Vemork. $H = 280{,}5$ m, $N = 17\,500$ PS, $n = 600$ U/min (Escher, Wyss & Cie.).
M. rd. 1 : 33.

über die Gesetzmäßigkeit der Widerstandzahl für die Wandreibung in Rohren und Kanälen mit großer Reynoldsscher Zahl über 10^5, wie sie bei Turbinen fast immer vorhanden ist, noch keine volle Klarheit herrscht. Auf Grund der Untersuchungen von L. Hopf und K. Fromm[9]) kann geschlossen werden, daß bei der Rauhigkeit, wie sie Turbinenkanäle aus Blechschaufeln und Gußeisenkränzen oder ganz aus Gußeisen aufweisen, und bei den großen Reynoldsschen Zahlen die Widerstandzahl nur von der relativen Rauhigkeit der Wandungen abhängt. Es ergibt sich dann mit der von Fromm aufgestellten Beziehung folgende Umrechnungsformel:

$$\eta = \left[1 - \left(1 - \frac{\eta_v}{\eta_m}\right)\left(\frac{D_v}{D}\right)^{0{,}314}\right]\eta_m .$$

Dabei gelten die Werte mit dem Zeiger v für die Modellturbine, und η_m ist der mechanische Wirkungsgrad. Rechnet man z. B nach dieser Formel die mir von Oberingenieur Svala der Aktiebolaget Finshyttan zur Verfügung gestellten Werte der Versuchsturbinen von 460 und 1000 mm Laufraddurchmesser auf die an der großen Lawaczeck-Turbine der Anlage Lilla-Edet in Schweden gemessenen Wirkungsgrade um, so erhält man beim besten Wirkungsgrad, für den allein die Formel richtige Werte geben kann, folgenden Vergleich:

[9]) Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 3 (1923) S. 329.

Abb. 11 bis 13
Längsschnitt und Grundriß der Anlage Vemork.

a Luftansaugventil

Abb. 14
Hochdruck-Spiralturbine mit stehender Welle und Außenregulierung (Voith).

Laufraddurchmesser	$D_v = 460$ mm	$D_v = 1000$ mm	$D = 6000$ mm
Gemessene Höchst-Wirkungsgrade	$\eta_v = 83{,}9$ vH	$\eta_v = 86{,}2$ vH	$\eta = 91{,}7$ vH
Versuchsgefälle	$H_v = 2{,}2$ m	$H_v = 4$ m	$H = 6{,}5$ m

Geht man von $D_v = 460$ und 1000 mm aus und rechnet mit $\eta_m = 0{,}98$ den Wirkungsgrad auf das große Rad mit 6000 mm Dmr. um, so ergibt sich $\eta = 91{,}8$ vH und 91,3 vH, also eine recht gute Übereinstimmung mit dem Versuchswert von 91,7 vH.

Bei der Umrechnung von kleinen Modellrädchen aus Bronze mit gut bearbeiteten Kanalwandungen auf große Ausführungen in Bronze oder Stahlguß mit geschliffenen Schaufeln wird die Widerstandzahl der Wandreibung nicht von der relativen Wandrauhigkeit, sondern nur von der Reynoldsschen Zahl abhängig sein. Den Wirkungsgrad rechnet man dann um auf Grund der schon von Staufer[10]) angegebenen Formel:

$$\eta = \left[1 - \left(1 - \frac{\eta_v}{\eta_m}\right)\left(\frac{D_v}{D}\right)^{0{,}25}\sqrt{\frac{H_v}{H}}^{\,0{,}25}\right]\eta_m ,$$

nach der sich die Wirkungsgrade auch mit der Wassergeschwindigkeit und damit mit dem Gefäll erhöhen.

Beide Formeln weisen, auf die gleiche Vergrößerung angewendet, nur geringe Unterschiede auf, doch empfiehlt es sich, bei der Umrechnung von kleinen Modellrädchen auf große Ausführungen jeweils diejenige Formel zu benutzen, die die kleinste Wirkungsgraderhöhung ergibt.

Hochdruck-Francisturbinen

Im Gesamtaufbau und in der Verwendung der Wasserturbinen ist das hohe Gefälle bemerkenswert, für das heute noch Francisturbinen aufgestellt werden. Es hängt dies mit der wachsenden Leistung der Maschineneinheiten zusammen und folgt aus der mit Francisturbinen zu erreichenden höheren Drehzahl, durch die sie sich vielfach wirtschaftlicher gestalten als Freistrahlturbinen. Bedingung ist allerdings das Vorhandensein von reinem Wasser, da sich unter den hohen Gefällen die Francisturbinen bei sandhaltigem Wasser rascher abnutzen als Freistrahlturbinen, wodurch der wirtschaftliche Vorteil wieder zunichte gemacht wird. Während lange Zeit 200 m Gefäll als die Grenze für die Verwendbarkeit von Francisturbinen angesehen wurde, ist man nun langsam immer höher gegangen und heute werden, als zur Zeit

[10] Staufer, Einflüsse auf den Wirkungsgrad von Wasserturbinen, Z. Bd. 69 (1925) S. 415; s. a. Haeger, „Wasserkraft und Wasserwirtschaft" Bd. 22 (1927) S. 254.

höchstes Gefäll, in der Anlage Vemork der A. S. Rjukanfos, Oslo, in der elf Freistrahlturbinen von je 15 000 PS stehen, 280,5 m steigend bis 290 m durch eine Spiralturbine mit stehender Welle ausgenutzt, die bis zu 17 500 PS bei 600 U/min und einer spezifischen Drehzahl n = rd. 70 leistet. Der Vorteil der hohen Lage der Turbine über dem Wasserspiegel, den sonst die Überdruckturbinen vor den Freistrahlturbinen voraus haben, ist bei diesem großen Gefälle nicht mehr vorhanden, da das Sauggefälle, z. B. bei Vemork 1 m, mit Rücksicht auf die Kavitationsgefahr klein gehalten werden muß. Der Unterdruck am Laufradaustritt kommt schon allein durch die Umsetzung der recht großen absoluten Austrittsgeschwindigkeit in Druck im Turbinensaugrohr nahe an den Dampfdruck des Wassers. Einen Schnitt durch die Turbine zeigt Abb. 10, während Abb. 11 bis 13 die Aufstellung wiedergeben.

Da auf den Wirkungsgrad der allergrößte Wert gelegt wird, müssen in diesen Hochdruckturbinen alle wasserführenden Flächen bearbeitet und geglättet werden, so vor allem auch die der Leit- und Laufradkanäle, in denen ja die größte Wassergeschwindigkeit herrscht. Das Spiralgehäuse ist bei den hohen Gefällen aus Stahlguß gegossen oder aus Stahlblechen zusammengenietet. Der Leitapparat hat Außenregulierung, und seine ebenen Innenwände, zwischen denen die Leitschaufeln sich drehen, sind mit auswechselbaren Platten aus Schmiedestahl, Chromnickelstahl oder Bronze verkleidet. Die Leitschaufeln selbst bestehen ebenfalls aus Stahl oder Bronze, sind lang gelagert und ihre Drehzapfen sind so abgedichtet, daß die Laufflächen sicher geschmiert werden können, was von außen während des Betriebes geschieht.

Wichtig für den Wirkungsgrad ist auch der niedrige Spaltverlust, der durch mehrfache Spalte, die mit auswechselbaren Spaltringen versehen sind, erreicht wird. Der Raum zwischen Laufradboden und Turbinendeckel, der sogenannte Deckelraum, ist durch eine Spaltwasserableitung mit dem Saugrohr verbunden, siehe Abb. 10 und 14. Dadurch wird der Axialdruck vermindert und die Abdichtung des Deckelraumes gegen die Welle durch eine Labyrinthdichtung ermöglicht. Das durch diese hydraulische Stopfbüchse noch austretende Wasser läßt sich durch eine Heberleitung absaugen. Bei sandhaltigem Wasser würde jede andere Stopfbüchse die Welle anfressen, oder es müßte ein Schutzmantel um die Welle herumgelegt werden, und außerdem ließe sich das Wellenlager nicht so nahe an das Laufrad heranrücken. Dieses wichtige Lager wird heute

Stromerzeuger 4570 1457 4200 RZ 1579 Z 17

Abb. 17 Francis-Schnelläuferturbine der Anlage Schweinfurt mit stehender Welle und Stirnradantrieb. Stromerzeuger mit Getriebe zusammengebaut (J. M. Voith).

7100 1195 440 1310 460 1195 1000 340 380 340 300 505 505 750 1350

Abb. 15

ts mit Umlaufölschmierung versehen, entweder, wie in b. 10 und 14 dargestellt ist, durch eine unmittel-e von der Welle aus angetriebene und mit dem Lager sammengebaute in den Ölsammelraum eingehängte Um-fpumpe oder durch eine besondere neben der Turbine gestellte und für sich angetriebene Ölpumpe. Daß das ger möglichst nahe am Laufrad liegt, ist bei diesen oßen Einheiten mit hoher Drehzahl schon wegen der fahr der Erschütterung notwendig.

Besonderer Wert wird auf die leichte Durchführbar-t der Auswechslungsarbeiten gelegt, und es müssen alle zu erforderlichen Vorkehrungen getroffen sein. Das ufrad wird meist nach unten herausgenommen und zu ist im Oberteil des Saugrohres ein wegnehmbares er nach unten verschiebbares Rohrstück vorgesehen. m raschen Stillsetzen des Maschinensatzes wird meist tweder eine mechanische Reibungsbremse oder eine auf Turbinenwelle aufgesetzte Gegenturbine benutzt[11]), hrend bei der Turbine Vemork, Abb. 10, ein hydraulisch ätigter Bremskolben gegen den Außenkranz des Lauf-les gepreßt wird; er ist so bemessen, daß er auch zum heben des gesamten umlaufenden Gewichtes dienen nn. Die Verkürzung der Auslaufzeit ist ja hauptsäch-h auch wegen des Segmentspurlagers wichtig, dem das biet der halbflüssigen Reibung leicht schaden kann. s Abb. 10 ist auch das Sicherheitspendel ersichtlich, s auf der Turbinenwelle über dem Lager sitzt und bei erschreitung einer bestimmten Drehzahl ein Ventil uert, das sowohl bei dem Absperrschieber vor dem Tur-engehäuse als auch beim Servomotor der Turbinen-gulierung die Schließbewegung einleitet. Der Kavi-ionsgefahr und dem dabei auftretenden starken Ge-usch sucht man durch Einlassen von Luft in das Saug-ır zu begegnen, wozu das in Abb. 14 ersichtliche Luft-führrohr mit Ventil dient. Bei den in Frage kommenden ringen Mengen Luft übt sie keinen bemerkbaren Einfluß f Leistung und Wirkungsgrad aus.

Die zur Zeit größten Hochdruck-Francisturbinen in ropa sind die von Escher Wyß & Cie. gebauten drei iralturbinen mit stehender Welle für die Anlage Galleto „Terni" Societa per l'Industria & Elektricita, Genua, die bei 197 m Gefälle je 50 000 PS bei 375 U/min leisten. Ihr Aufbau ist ähnlich dem nach Abb. 10.

Eine gut durchgebildete große Doppelspiralturbine mit wagerechter Welle für das mittlere Gefälle von 78 m von 10 650 PS Leistung bei 600 U/min ist in Abb. 15 und 16 dargestellt und von J. M. Voith, Heidenheim, für die japanische Anlage Yanakoto geliefert worden. Für jede Hälfte des Doppellaufrades beträgt die spezifische Drehzahl $n_s = 185$. Es handelt sich also um einen Normalläufer, wodurch auch die große Lagerentfernung von 4,83 m bedingt ist.

Neuere Niederdruckanlagen mit Getriebe

Den Umbau einer alten Niederdruckanlage durch Einsetzen von Francis-Schnelläufern zeigt Abb. 17. In diesem Wasserkraftwerk des Elektrizitätswerkes der Stadt Schweinfurt waren zwei 400 PS Francisturbinen mit stehender Welle und Kegelradübersetzung auf die je mit einem Stromerzeuger gekuppelte Vorgelegewelle aufgestellt. Unter verhältnismäßig geringen baulichen Änderungen wurde nach Modellversuchen im Maßstab 1 : 20 zur Klärung der Strömungsverhältnisse die Turbinenkammer so umgestaltet, daß die auszunutzende Wassermenge in beiden Turbinen zusammen von 28 auf 42 m³/s bei 2,9 m Gefäll und damit die Leistung jeder Turbine auf 662 PS und bei 3,2 m Gefäll auf höchstens 815 PS gesteigert werden konnte. Wie Abb. 17 zeigt, ist die Turbinenkammer als Heberkammer ausgebildet. Die Begrenzung ist spiralförmig und die Sohle ansteigend, so daß das Wasser gewissermaßen in Schraubenlinien dem Leitapparat zufließt.

Durch Anwendung der Heberkammer konnte die Turbine hochgesetzt und der Saugkrümmer günstig ausgebildet werden, ohne daß eine zu tiefe Gründung erforderlich wurde. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Saugkrümmers ist eine mittlere Führungswand eingebaut. Die Turbine ist eine Schnelläufer-Francisturbine mit n_s = rd. 350. Der Leitapparat hat Innenregulierung, wobei der Turbinendeckel mit Lager nicht allein durch die Leitschaufelbolzen gestützt und auch nicht, wie sonst vielfach üblich, gegen die Seitenwände der Turbinenkammer verstrebt ist, sondern mittels einer gußeisernen Hängeglocke, die an einem Mauerring in der

[11]) v. Troeltsch, Das Wasserkraftwerk Partenstein, Z. Bd. 69 5) S. 1485.

Abb. 15 und 16
Doppelspiralturbine mit liegender Welle. H = 78 m, N = 10 650 PS, n = 600 U/min (J. M. Voith).

Abb. 19 und 20
Propellerturbine mit stehender Welle und Stirnradantrieb. Stromerzeuger auf besonderem Boden.

$Q = 26\ m^3/s$
$H = 2,$[illegible] m
$n = 68,2\ U/min$
$n_s = 500$
$N = 824\ PS$
$H_{max} = 4,8\ m$
$N_{max} = 1250\ PS$

RZ1579Z19

RZ1597Z20

Kammerdecke befestigt ist, noch besonders gehalten wird. Die untere Hälfte der Hängeglocke ist zweiteilig, mit Handgriffen versehen und bequem abnehmbar, so daß man leicht an das Turbinenhalslager gelangen kann. Anstatt mit stählernen Kegelrädergetrieben von der senkrechten Turbinenwelle auf eine wagrechte Vorgelegewelle zu treiben, mit der der Stromerzeuger dann gekuppelt wird, hat man mit Rücksicht auf die für solche Kegelräder doch schon ziemlich große Leistung von 815 PS und der mit ihnen gemachten nicht durchweg günstigen Erfahrungen, vorgezogen, ein Stirnradgetriebe einzubauen, das mit einer Übersetzung von 50 auf 500 U/min den Stromerzeuger antreibt.

Das vollständig gekapselte Stirnradgetriebe trägt den unmittelbar aufgebauten Stromerzeuger mit stehender Welle. Das Getriebe mit Lager, die Lager der Stromerzeuger sowie sämtliche Spurlager werden durch eine gemeinsame Ölanlage geschmiert. Auf dem Zwischenboden stehen zwei Ölpumpensätze, je mit Motor, Pumpe, Filter und Kühlschlange; letztere sind in Nischen der Turbinenkammern eingebaut. Ein Pumpensatz beliefert beide Maschineneinheiten, während der zweite in Bereitschaft steht. Der Turbinenregler ist auf dem Maschinenhausboden aufgestellt und wird von der Turbinenwelle mittels Schraubenräder und Riemen angetrieben. Abb. 18 zeigt das Innere des Maschinenraumes.

RZ1579Z18

Abb. 18
Ansicht von Stirnradgetriebe, Stromerzeuger und Turbinenregler der Anlage Schweinfurt.

Den größten Francisturbinensatz mit Stirnradantrie dürfte eine bei F. Schichau, Elbing, in Bau begriffen Anlage für Finnland aufweisen. Für 14,5 m Höchstgefäll beträgt die Leistung 11 600 PS bei einer Übersetzung vo 125 auf 600 U/min.

Obgleich mit Propeller- und Kaplan-Turbinen wesen lich höhere Drehzahlen als mit Francisturbinen erreicl werden, sind bei kleinen Gefällen auch dabei noch Übe setzungen zwischen Turbine und Stromerzeuger erforde lich, so zeigen Abb. 19 und 20 eine Propellerturbin mit senkrechter Welle und Stirnradübersetzung. De Stromerzeuger ist dabei nicht wie oben mit dem Getrieb gehäuse zusammengebaut, sondern steht auf einem beso deren Boden, der aber der besseren Übersicht und de leichten Bedienung wegen nur einen Teil der Maschine hausbreite einnimmt und nicht über die Turbinenmitt herübergeht, um das Ausbauen der Stirnräder und de Turbine mit dem Kran zu ermöglichen.

Ein weiterer Aufsatz über Fortschritte im Bau vo Wasserturbinen folgt demnächst. [B 1579]

Preisausschreiben für eine unfallsichere Bauart der Baulasten-Fahrstühle

Der bisherige Unfallschutz an Schachtgerüstaufzüge zwischen Führungen, die ohne Mitfahrer mit motorische Kraft betrieben werden, ist, wie die immer wieder vorkom menden Unfälle beweisen, verbesserungsbedürftig. Die trifft vor allen Dingen für die Bauart und Bedienungsweis der Fahrschachttüren an Zwischengeschossen zu. Aus diesen Grunde hat der Vorstand der Bayer. Baugewerks-Berufs genossenschaft ein Preisausschreiben für eine unfallsicher Bauart der Baulasten-Fahrstühle erlassen.

Es soll eine Vorrichtung gebaut werden, die ermög licht, einen unfallsicheren Verschluß der Ladestellen in a l l e n Geschossen zu gewährleisten. Insbesondere soll jed Tür nur dann geöffnet werden können, wenn die Fahrbühne in dem betr. Stockwerk angelangt ist. Ein Weiterfahren de Bühne soll nur bei geschlossener Tür möglich sein, die Be stimmung des zu befahrenden Stockwerks soll allein in den Händen des Aufzugmaschinisten liegen. Die Vorrichtung soll in die zur Zeit in Betrieb befindlichen Fahrstühle einge baut werden können. Mit Rücksicht auf die besonderen Ver hältnisse der baulichen Anlagen sind empfindliche Bauarten zu vermeiden.

Weitere Einzelheiten dieses Preisausschreibens werden im Anzeigenteil dieses Heftes S. 100 bekanntgegeben. [N 2291]

Das Luftbildwesen — Bildaufnahme

Von Paul Seliger, Vermessungsdirigent in der ehem. Königl. Preuß. Landesaufnahme a. D., Berlin-Lichterfelde

Geschichtliche Rückblicke — Gliederung der Aufnahme — Die Genauigkeit der Messungen — Meßfilme
Bildformate und ihre Entwicklung — Luftbildflugzeuge — Aufnahmegeräte.

Das Luftbildwesen ist ein Zweig der ungefähr 100 Jahre alten Photogrammetrie. Luftbildwesen im heutigen Sinne gibt es erst seit etwa 20 Jahren. eine Anfänge lagen in Deutschland auf rein mili-rischem Gebiet; daher wurde es erst im Kriege 1914 bis 918 allgemeiner bekannt. Wirtschaftliche Bedeutung rlangte das Luftbildwesen bald nach dem Kriege von wa 1920 ab in schnell wachsendem Umfange. In dem on Dr. v. Gruber[1]) gegebenen kurzen Überblick ber das Gesamtgebiet der Photogrammetrie konnte das uftbildwesen nicht so dargestellt werden, wie es heute wünscht sein dürfte. Wenn ein leidliches Bild vom heu-gen Stande des deutschen Luftbildwesens entstehen soll, kann ich mich nicht nur auf Nachträge seit dem Jahre 923 beschränken, sondern ich muß auch die Darstellung on 1923 ergänzen, wobei die Einschaltung kurzer Rück-licke auf den Werdegang der deutschen Photogrammetrie nerläßlich ist, in deren Dienst ich von 1900 bis 1916 raktisch tätig gestanden habe.

Allgemeines

Bei der Gliederung des Luftbildwesens unterscheidet an:

) Einzelaufnahmen, beliebig gerichtet, ohne Maßstab, für verschiedene Zwecke, z. B. für Propaganda, Prospekte, Postkarten, Briefköpfe, Anschauungs- und Unterrichts-zwecke,

) Senkrechtaufnahmen und in Senkrechtlage umgeformte (entzerrte) Schrägaufnahmen, einzeln oder aus mehreren Aufnahmen einfach zusammengesetzt, mit angenähertem Maßstab (gewonnen aus der Bildweite der Kammer und Barometermessung der Flughöhe) als Übersichtsaufnahmen kleinerer Gebiete,

Messungen (auf trigonometrischer oder Karten-Grundlage)
1. ebenen Geländes durch Senkrechtaufnahmen oder entzerrte Schrägaufnahmen zwecks Herstellung von Karten und Luftbildplänen großer Gebiete,
2. unebenen Geländes durch stereoskopische Aufnahmen zwecks Herstellung von Spezialkarten und Meßplänen beliebigen Umfanges.

Zu dem Arbeitsgebiete[2]) des Luftbildwesens gehören:

Topographische Aufnahmen des Gebirges, Flachlandes und unerforschter Gegenden,

Katasteraufnahmen minderwertigen Bodens,

Ingenieuraufnahmen für
1. bautechnische Zwecke (Bau von Eisenbahnen, Bergbahnen, Straßen, Kanälen, Talsperren, Stauanlagen, Wasserkraftwerken, Flußregulierungen, Lawinen- und Wildbachverbauungen, Hafen- und Uferschutzbauten usw.),
2. Zwecke des Bergbaues (Neuanlage von Schächten und Halden, Überwachung von Bergschäden, Unterlagen für Entwässerungspläne, geologische Arbeiten, Pläne von Tagebauen und Steinbrüchen usw.),
3. Zwecke des Städtebaues (Stadterweiterungen, Siedelungen, Architektur- und Denkmalspflege usw.),
4. Wirtschaftszwecke (Forsteinrichtungen, Bodenmeliorationen usw.),
5. schwer zugängliche Gebiete (Überschwemmungen, Wattenmeere, Felswände, Steilküsten, Vulkane, Krater, Eisberge usw.),
6. Befestigungsanlagen,
7. wissenschaftliche Untersuchungen an beweglichen Objekten (Wanderdünen, Gletscher, Meereswellen, Wolken, Sprengwirkungen usw.),

d) Schule und Unterricht.

Bei manchen dieser Arbeitsgebiete stellt man auch Aufnahmen von der Erde aus mit Phototheodoliten her. Daneben gibt es noch einige Arbeitsgebiete, wie z. B. Astronomie, Ballistik, Kriminalistik, Medizin und Anatomie, für welche das Luftbildwesen bis jetzt nicht in Betracht kommt.

Den Umfang und Wert der bis jetzt geleisteten Arbeiten kann man u. a. an der Hand folgender Angaben schätzen:

a) Das Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin SW 68, Lindenstr. 37, gestattet mir dankenswerterweise, folgendes mitzuteilen: Das Reichsamt für Landesaufnahme hat im Jahre 1927 topographische Grundkarten 1 : 5000 aus Luftlichtbildern (Filmaufnahmen) von Gegenden verschiedenartigsten Landschaftscharakters hergestellt, und zwar: sehr kleinförmiges Dünengelände der Insel Amrum mit stark wechselnden Höhenunterschieden bis zu 32 m, leichtwelliges Ackergebiet mit sanften Neigungen bis zu 3 ° (Insel Amrum), ausgesprochene Niederungsgebiete (Halligen der Nordsee und Oderniederung zwischen Schwedt und Greifenhagen).

Die Ausmessungen und Entzerrungen der Luftlichtbilder in den neuzeitlichsten Geräten: Autokartograph (Heyde-Hugershoff), Stereoplanigraph (Zeiß) und selbstfokussierendes Entzerrungsgerät (Zeiß) wurden durch terrestrische Vergleichsmessungen mit den üblichen Instrumenten (Universalinstrument 13 cm, Nivellierinstrument) und durch Ausmessungen von Erdstereogrammen derselben Gegenden im Stereoautographen nachgeprüft.

Die Untersuchungen werden im Jahresbericht des Reichsamts für Landesaufnahme veröffentlicht werden. Sie sind zwar noch nicht abgeschlossen, haben aber bereits ergeben, daß der Grundriß aller Gebiete mit einer Genauigkeit zur Darstellung gebracht werden konnte, die unterhalb der für die Karte 1 : 5000 zugelassenen Fehlergrenze liegt.

Die Genauigkeit der mit den Ausmeßgeräten ermittelten Höhen ist abhängig von dem homogenen Verhalten des Films und der Basis der Luftstereogramme im Vergleich zur Flughöhe. Bei gleichmäßiger Schrumpfung der Filme in Länge und Breite entsprachen die mit dem Autokartographen und Stereoplanigraphen ermittelten Höhen vollkommen denen aus den Vergleichsmessungen, wenn bei rd. 1000 m relativer Flughöhe auf einer Basis von 300 bis 350 m aufgenommen wurde. Die Schichtlinienführung gelang im Dünengelände mit der erforderlichen Genauigkeit; bei sanften Neigungen der Ackergebiete gleichmäßiger Flächenfärbung und in den Niederungen mußte man das alte Verfahren des Flächennivellements in Verbindung mit Topographie anwenden.

b) Die Firma Hansa-Luftbild-G. m. b. H., Berlin, fertigte im Jahre 1925 etwa 500 km² und im Jahre 1926 etwa 2000 km² zusammenhängende maßstabgerechte Luftbildpläne vom Maßstab 1 : 5000 im rheinisch-westfälischen Industriegebiet an. Im Jahre 1927 haben die Arbeiten der Fläche nach noch einen wesentlich größeren Umfang gehabt, und auch im Jahre 1928 hat man bereits umfangreiche Arbeiten ausgeführt. Ferner hat man im Jahre 1927 von Flußläufen Luftbildpläne im Maßstabe 1 : 2000 angefertigt und einen gut gelungenen Versuch zur Herstellung einer Signaturenkarte mit Höhenschichtlinien im Maßstabe 1 : 1000 unternommen.

c) Die Firma Photogrammetrie-G. m. b. H., München, führte bis jetzt 139 Vermessungen, teils vom Flugzeug aus, teils auf der Erde durch, und zwar in Deutschland, Österreich, Schweiz, Frankreich, Italien, Spanien, Norwegen, Serbien, Bosnien, Tschechoslowakei, Türkei, Griechenland, Niederländisch-Indien, Südafrika und Mexiko.

---

[1]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 893 u. f.

[2]) Behörden und Gesellschaften für Luftbildwesen, soweit s mir bekannt sind:
) Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin SW 68, Lindenstr. 37.
) Bildstelle des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe, Berlin W 9, Leipziger Str. 2, Leiter: Dr.-Ing. Ewald.
) Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie. Vorsitzender: Oberreg.-Rat von Langendorff, Berlin W 30, Heilbronner Str. 2, Schriftführer: Reg.-Rat Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1.
) Hansa-Luftbild-G. m. b. H., Berlin SW 29, Zentralflughafen.
) Photogrammetrie-G. m. b. H., München, Sendlingertorplatz 1.
) Aerokartographisches Institut A.-G., Breslau, Goethestr. 58.
) Aerotopograph-G. m. b. H., Dresden-N. 23, Kleiststr. 10.
) Junkers-Flugzeugwerk-A.-G., Luftbildzentrale, Dessau, Blumentalstr. 11.
) Südwestdeutsche Luftverkehrs-G. m. b H., Frankfurt a. M., Flugplatz Rebstock.
) Aerogeodätische Gesellschaft Dr. Gasser m. b. H., Kalkberge bei Berlin, Seestr. 2.
) Deutsch-Kolumbianische Lufttransport-Gesellschaft Scadta, Berlin W 35, Schöneberger Ufer 35.

Meßfilme

Die Meßfilme haben sich aus der Reihenbildaufnahme und dem Bestreben entwickelt, das Ergebnis der Meßflüge nach Möglichkeit wirtschaftlich zu gestalten. Man verwendet bereits Filmbänder bis zu 60 m Länge. Filme schrumpfen zwar ungleichmäßig, in neuerer Zeit ist es jedoch gelungen, die Schrumpfung für alle Richtungen so gleichmäßig zu gestalten, daß sie durch Änderung der Brennlänge nahezu ausgeschaltet werden kann. Erfahrene Praktiker wie Prof. Dr. O. v. Gruber und Prof. Dr.-Ing. R. Hugershoff empfehlen deshalb bereits die Meßfilme der Firmen Otto Perutz, München, Agfa, Berlin, und Zeiß-Icon-A.-G., Filmwerk, Berlin-Zehlendorf, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß an die Genauigkeit der herzustellenden Karten nicht höhere Anforderungen gestellt werden, als sie sonst bei Beurteilung terrestrischer topographischer Aufnahmen üblich sind.

Da heute beim Luftmeßbildwesen schon 60 m lange Filmbänder im Gebrauch sind, so erfordert deren gleichmäßiges Entwickeln bei möglichster Vermeidung einseitiger Verzerrung besondere Vorrichtungen. Solche werden u. a. von der Correx-Gesellschaft für Kinotechnik m. b. H., Berlin, hergestellt, Abb. 1 bis 3. Der Film wird zugleich mit einem Zelluloidband aufgerollt, dessen Ausbeulungen an seinen beiden Längsrändern für einen überall gleichen Abstand der Filmwicklung sorgen. So können alle Bäder und die Trockenluft den ganzen langen Film zu gleicher Zeit wie bei einer Platte berühren.

Bildformate

Bei Senkrechtaufnahmen ist man neuerdings allgemein zum quadratischen Bildformat übergegangen, womit sich endlich eine alte Vorkriegserfahrung durchgesetzt hat, die im Kriege leider in Vergessenheit gekommen war. Dies wird man kaum verstehen, wie auch noch andre Punkte dieser Arbeit, weil der Entwicklungsgang der deutschen Photogrammetrie einschließlich des Luftbildwesens von 1900 bis zum Jahre 1914 der Öffentlichkeit verborgen geblieben ist. Ich bin wohl der einzige noch, der die Vorgänge kennt, und ich glaube sie jetzt im Interesse unsrer Technik kurz andeuten zu müssen, was nun erlaubt sein wird, weil das mit der Photogrammetrie eng verknüpfte und militärisch noch viel wichtigere Kriegskartenwesen bereits militärischerseits in der Öffentlichkeit besprochen wurde[3]).

Nach erfolglosen Bemühungen von Prof. Meydenbauer und Prof. Stolze in den Jahren 1858 bis 1886 wurde ich als Topograph im Jahre 1900 durch General Schulze († 1904), Chef der Topographischen Abteilung der Landesaufnahme, mit neu Versuchen zu zunächst rein wissenschaftlichen Zweck beauftragt. Einige Ergebnisse durfte ich veröffentlichen Viel wichtiger aber war die 1908 erfolgte Gründung ein „Zentrale für Photogrammetrie", bestehend aus Vertrete der Fuß- und Feldartillerie, Artillerie-Prüfungskommi sion, Ingenieure und Pioniere, Luftschiffer (Flieger g es noch nicht) und Landesaufnahme, durch Gener Matthiaß († 1910) und den neuen Chef der Top graphischen Abteilung, General v. Harbou († 1927 Technischer Leiter dieser Zentrale war der Verfass dieses Aufsatzes.

Unter den bei dieser Zentrale schnell erreicht praktischen Ergebnissen sei hier als wesentlichstes da Photogrammetrie und Luftbildwesen einschließend Kriegsvermessungswesen erwähnt, das ja im Kriege b kannt geworden sein dürfte. Unter diesen Ergebnisse befand sich auch der Übergang zum Einheitsbildform. $16 \times 16\ cm^2$ bei Ballon- und Panoramakammern und b den Feldphototheodoliten. Als 1910 General Matthia starb, auch gleichzeitig General v. Harbou abkomma diert worden war und 1911 die Landesaufnahme ei neue Leitung erhalten hatte, verfiel nach und nach d genannte Zentrale, und im Kriege, wo sie am dringen sten nötig gewesen wäre, beseitigte man 1916 ihre letz Spur, indem man mich meines Amtes enthob. So b kamen wir von 1911 ab Stillstand und Rückschritt bei de Heeresphotogrammetrie und mitten im Kriege völlig Führungslosigkeit, unter der sich natürlich nicht meh viel entwickeln konnte.

Bei Schrägaufnahmen, die mehr auf die Ferne g richtet sind, glaubt man auch heute noch am Breitforma festhalten zu sollen, doch auch für diese Aufnahmen is das quadratische Bildformat sehr zu empfehlen, wofü eine alte Vorkriegserfahrung sprechen möge. Wird i einer Schrägaufnahme ein Gegenstand entdeckt, desse Lage auf der Karte schnell behelfsmäßig bestimmt werde soll und ist die Landschaft sehr uneben, so läßt sich di Lage nur durch zwei sich schneidende Richtungen finde die zwei Aufnahmen von verschiedenen bekannten Stand orten entnommen werden müssen. Letztere zu bestimmen sucht man im Luftbilde lotrechte Gegenstände au (Türme, Schornsteine, Häuserkanten, Masten, Bäume usw.), verlängert die kurzen Lotlinien bis an die Bild ränder und sucht den Verlauf dieser langen Linien i der Karte auf, wo sie sich im Standorte der Aufnahme schneiden, zwar nicht scharf, doch genau genug für diesen Zweck. Gelingt dieser Rückwärtseinschnitt in de wagerechten Ebene nicht, so kann man auch über eine einzigen dieser Lotvisierlinien einen Rückwärtseinschnitt in der senkrechten Ebene machen, wenn nur in der Lot visierlinie mindestens drei Punkte oder Orte des Luftbilde in der Karte kenntlich gemacht werden können. Be solchen einfachen und rohen Einschnitten ist der Vorder grund des Luftbildes, d. h. die nächste Nähe des Stand ortes, von höchster Bedeutung.

Bildflugzeuge

Der gewachsenen Bedeutung des Luftbildwesens folgend, sind einige Flugzeugwerke dazu übergegangen, für Luftbildaufnahmen Flugzeuge besonders auszubauen

Abb. 1
Wickelvorrichtung für Meßfilme.

Abb. 2
Entwicklungsgefäß mit Rollenhalter.

Abb. 3
Schnelltrockner mit Rollenhalter und Film.

[3]) Vergl. die Auseinandersetzung zwischen General Dr.-Ing. E. h. von Bertrab, von 1911 ab Chef der Landesaufnahme, und Oberstleutnant a. D. Boelke, von 1915 ab Chef des Kriegsvermessungswesens, Z. f. Vermessungswesen 1919 S. 300 und 1920 S. 94; ferner P. Seliger, „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften" Bd. 6 (1927) S. 300.

[4]) Paul Seliger, Die stereoskopische Meßmethode in der Praxis Berlin 1911, Julius Springer. (S. 18 Vermessung der Wellenaufnahmen 190 des Prof. Dr. Laas, S. 14 Schichtlinienplan einer Moltkebüste 1907 un S. 22 Aufnahme 1907 der Liefdebucht auf Spitzbergen.)

der von Grund auf für diesen Zweck neu zu konstruieren. U. a. stellen die Flugzeugwerke Ernst Heinkel G. m. b. H., Warnemünde, ein Flugzeug, Baumuster HD 20, her, Abb. 4, ausgerüstet mit zwei je 200 PS leistenden Motoren.

Das Junkers-Flugzeugwerk A.-G., Dessau, verwendet das Baumuster W 33[5]) als Flugzeug für Luftbildmessung. Abb. 5 zeigt die Kabine, 3,2 m lang, 1,3 m breit und 1,3 m hoch, ausgerüstet mit einem Reihenbildner. Die mit Spiegelglasscheibe abgeschlossene Bodenöffnung gibt eine Sichtweite in der Flugrichtung von der drei- bis vierfachen, seitwärts von der zweifachen Flughöhe. In den Seitenwänden (unten neben dem Photographen) befinden sich Öffnungen für Schrägaufnahmen. Infolge der großen Tragfähigkeit des Flugzeugs kann man Betriebstoff für lange Zeit zur Aufnahme unbekannter entlegener Gebiete mitnehmen. Die Kabine bietet Raum für eine behelfsmäßige Dunkelkammer.

Die Firma Focke-Wulf, Flugzeugbau A.-G., Bremen, baut Luftbild-Flugzeuge für Vermessungszwecke unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung in großen Höhen, Abb. 6.

Aufnahmegeräte

Die ersten Hoffnungen, Luftbildmessungen ausführen zu können, erweckte 1908 das lenkbare Luftschiff. Bei der Zentrale für Photogrammetrie wurden im Jahre 1909 Versuche in einem Zeppelin-Luftschiff mit zwei Präzisions-Standphototheodoliten der optischen Anstalt Carl Zeiss, Jena, unternommen. Sie gelangen nicht wegen der ungeheuren Erschütterungen der Gondeln durch die Motoren. Eine Ballonkammer mit Aufhängevorrichtung wurde zwar im Jahre 1911 geliefert, konnte aber nicht erprobt werden, weil die dazugehörige Bildmeßkippregel[6]) fehlte und nicht geliefert wurde.

Eine Rundblick-Kammer erfand etwa 1911 Ing. Klein, Oberkassel bei Bonn. Die verhältnismäßig sehr handliche Kammer zeichnete die ganze sichtbare Erdoberfläche auf eine einzige kreisrunde Platte, in deren Mitte der Nadir lag, und zwar so, daß ein Teil der Rundsicht doppelt erschien. Schnitt man die Kopie auf einem Halbmesser dort ein, wo das Bild von neuem anfing, so konnte man einen Kegel herstellen, dessen Spitze der Nadir war.

Die Zeit war dieser Erfindung nicht günstig, sie ist aber topographisch wichtig bei der Überfliegung unerforschter Gebiete und findet hoffentlich bald die ihr zukommende Beachtung.

Bis zum Kriege 1914 hatte man in Deutschland für das militärische Ballonmeßverfahren nur Ballonkammern 16×16 cm² von den Brennweiten $f = 30$ und 70 cm mit Niveau Jardinet und Schlitzverschluß. Die neue Fliegertruppe, die in der Photographie von Anfang an ihre eigenen Wege suchte und schließlich ging, zog mit einer Fliegerkammer 9×12 cm², $f = 25$ cm und Schlitzverschluß ins Feld und behielt auch im Krieg, als die verschiedensten Fliegerkammern erschienen, die Breitformate bei. Die Senkrechtaufnahme, auf Grund der Erfahrungen der Zentrale für Photogrammetrie immer an erster Stelle empfohlen, wurde noch auf einer Konferenz am 22. Februar 1915 von den Fliegern gegenüber einer neuen Anregung als völlig unausführbar abgelehnt. Dafür erlebte ich gleich darauf die Freude, daß einer meiner letzten Schüler, der Architekt Sodemann, als Fliegerphotogrammeter in Flandern sich von mir eine Ballonkammer 16×16 cm² und $f = 70$ cm erbat und sie senkrecht nach unten gerichtet in ein Flugzeug einbaute. Der Erfolg war glänzend!

Genauere Luftbild-Meßkammern konstruierte 1915 Dr. Max Gasser als Aufnahmegeräte mit Zentralverschlüssen in seinem lufttopographischen Verfahren, und zwar: einfache Bildmeßkammern 20×20 cm² und $f = 25$ cm, Plattenreiher 20×20 cm² und $f = 25$ cm mit Magazinkassetten für je 48 Platten, Plattenwechselung und Überdeckungsregelung durch Elektromotor und eine gyrostatische Doppelkammer 22×22 cm² und $f = 30{,}6$ cm, Abb. 7 und 8.

Ein Film-Reihenbildner 4×24 cm² der Firma Meßter, Berlin, an dessen Entstehung ich 1915 noch beratend mitwirken durfte, lieferte große, zusammenhängende, aller-

[5]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 40 S. 1435.

[6]) Erfunden 1909 von Hauptmann Griesel. Sie sollte dazu dienen, dem in der Ballonkammer nach Neigung und Kantung wie bei der Aufnahme eingestellten Luftbilde durch das Objektiv hindurch unmittelbar die Richtungen (am Lineal) und Höhenwinkel (am Teilkreise) zu entnehmen, ähnlich wie bei der Messung mit Meßtisch und Kippregel.

Abb. 5
Frachtraum des Junkers-Flugzeuges, Baumuster W 33, als Luftbild-Aufnahmeraum eingerichtet.

Abb. 4
Luftbild- und Funkentelegraphie-Flugzeug von Heinkel, Baumuster HD 20.

a Beobachterkanzel. Im Boden ein Fenster. Freier Umblick 240° voraus und seitwärts
b Raum für Einbau von Luftbild- oder Funkgerät
c Führerraum

Abb. 6
Rumpf des Focke-Wulf-Flugzeugs, Baumuster A 21, fliegendes Laboratorium.

a Kabine mit Luftheizung, 3,7 m lang, 1,56 m breit, 1,8 m hoch mit Verbindungstüren nach der Dunkelkammer *b* und dem doppelten Führersitz. Für Photographie nach allen Seiten ist im Boden ein beliebig abdeckbarer $3 \times 0{,}8$ m² großer Ausschnitt: die Seitenwände können durch Jalousien in Breite von rd. 2 m geöffnet werden.
b Dunkelkammer mit Luftheizung 1 m lang, 1,5 m breit, 1,7 m hoch mit Arbeitstisch, Sitz, rotem Oberlicht, Wasserbehälter für 20 l und Einrichtung
c verschließbare Jalousien an der rechten und linken Seite
d Schiebetür
e verschließbares rotes Oberlicht

Abb. 7
Gyrostatische Doppelkammer nach Dr. Max Gasser, Bildgröße 22 × 22 cm² und $f = 30{,}6$ cm, mit Doppelkassetten, für Senkrechtaufnahmen der Aerogeodätischen Gesellschaft Dr. Gasser m. b. H., Kalkberge bei Berlin, gebaut von Schmidt & Hänsch, Berlin.

Ausstattung:
Die Objektive haben Zentralverschlüsse. Die mit dem Gyrostaten erreichte Genauigkeit der Senkrechtstellung der parallelen Kammerachsen soll ± 6 min betragen.
Abstand der Kammerachsen 30 cm.
Aufhängung in einer federnden Vorrichtung. Infolge der Doppelausführung der Kammer kann man die für stereoskopische Messung erforderliche Überdeckung zusammenhängender Aufnahmen beim Gebrauch von Kassetten einhalten.

Abb. 9
Flugzeug-Meßkammer nach Hugershoff, Bildgröße 13 × 18 cm², $f = 18$ cm, der Aerotopograph G. m. b. H., Dresden, für freihändigen Gebrauch.

Ausstattung: Lichtstärke 1 : 4,5, Gelbscheibe, Zentralverschluß, aufklappbarer Rahmensucher, auf verschiedene Neigungswinkel einstellbare Dosenlibelle, 2 Handgriffe, Doppelkassetten und Wechselkassette für sechs Platten.

dings aus vielen schmalen Streifen zusammengesetzte, wertvolle Geländeaufnahmen. Neuere Aufnahmegeräte entwickelte man erst nach dem Krieg im Zusammenhange mit den stereoskopischen Auswertegeräten.

Die neueren Aufnahmegeräte teilt man in Handmeßkammern, Abb. 9, Handmeßkammern mit Aufhängevorrichtung, Abb. 10, Reihen-Bildmeßkammer[n], Abb. 11 bis 13, und Doppelkammern, Abb. 14 und 15, ei[n]. Mit Doppelkammern erstrebt man eine Erweiterung d[es] Bildwinkels. Man baut sie quer zur Flugrichtung ein u[nd] erreicht so eine bedeutende Verbreiterung des aufgenom[-] menen Geländestreifens bei Reihenbildaufnahmen, al[s] einen größeren Wirkungsgrad des Fluges. Beim Einba[u] in die Flugrichtung erwartet man eine Einschränkun[g]

Abb. 8
Ein Luftbildplan (Versuchsgelände Döberitz), zusammengesetzt (ohne Entzerrung und Maßstabänderung) aus sechs Aufnahmen in 1600 m Höhe vom Zeppelin-Luftschiff LZ 72 am 2. August 1916 mit der gyrostatischen Doppelkammer, Abb. 7.

Das Gelände hat man damals stereoskopisch für den ersten Versuch stereoskopischer Messung aus der Luft aufgenommen.

Dieser Luftbildplan spricht sowohl für gute Leistung des Gyrostaten als auch für recht genaue Einhaltung der Flughöhe durch das Luftschiff.

Abb. 10
Flugzeugmeßkammer von Carl Zeiss, Jena, Baumuster HMKC/4, Bildgröße 13 × 18 cm², für Handgebrauch und mit Aufhängevorrichtung zum Einbau ins Flugzeug.

Ausstattung: Lichtstärke 1 : 4,5, Gelbglasfilter, Zentralverschluß, umlegbarer Rahmensucher, auf verschiedene Neigungswinkel einstellbare Dosen- und Röhren-Libellen, zwei Handgriffe, Wechselkassette für sechs Platten, Meßfilm-Wechselkassette für 120 Aufnahmen, selbsttätiger Aufnahmezähler 1 bis 999 und Aufhängevorrichtung für senkrechte und bis ± 20° gegen den Nadir gerichtete Aufnahmen.

Abb. 11
Reihenbildmeßkammer von Carl Zeiss, Baumuster RMKC/3, Bildgröße 18 × 18 cm² und $f = 21$ cm, in Aufhängevorrichtung für Senkrechtaufnahmen.

Ausstattung:
a) Kammer mit Aufhängevorrichtung: Lichtstärke 1 : 4,5, Gelbscheiben 2- und 5fach, Zentralverschluß, selbsttätiger Aufnahmezähler, Planlegung des Films durch Staudruck von vorn gegen eine hinter ihm befindliche ebene Platte, die sich dann an den Anlegerahmen drückt, Meßfilmwechselkassette für 60 m Filmband = 310 Aufnahmen, kardanische und erschütterungsfreie Aufhängevorrichtung mit Verstellmöglichkeit von ± 7½° zum Nadir.
b) Sucherfernrohr und Überdeckungsregler zur gleichzeitigen Beobachtung von Überdeckung, Abtrift, Senkrechtstellung der Kammer und Richtung der aufeinanderfolgenden Aufnahmen. Die zwischen 30 und 60 vH veränderliche Überdeckung wird durch Verstellung des Propellers geregelt und nachgeprüft im Gesichtsfelde des Fernrohres, wo am Rande sich drehende Spitzen mit dem Gelände in gleichem Zeitmaß laufen sollen.

der trigonometrischen Grundlagen oder eine größere Meßgenauigkeit bei der Herstellung von Höhenplänen in den mechanischen Auswertegeräten.

Der inneren Orientierung[7]) dient ein Anlegerahmen mit Meßmarken, wie bei den Phototheodoliten, zur Innehaltung der Bildweite und Bezeichnung der Kammerachse. Verwendet man Filmbänder, so enthalten die Kammern Vorrichtungen, den Film während der Aufnahme in einer Ebene zu halten. Die Bildweite bezeichnet man bei einigen Kammern durch ein am Anlegerahmen be-

[7]) d. h. Einrichtung der Kammer als Winkelmeßgerät

Abb. 12 und 13
Meß-Reihenbildner Hugershoff der Aerotopograph-G. m. b. H., Dresden, Bildgröße 12 × 12 cm², $f = 13{,}5$ cm, in einer Aufhängevorrichtung für Senkrechtaufnahmen.

Ausstattung:
a) Kammer mit Aufhängevorrichtung: Lichtstärke 1 : 4,5, Gelbscheiben 2-, 4- und 6fach, Zentralverschluß, runde selbsttätige Aufnahmezähler, Planlegung des Films von hinten her gegen eine, den Anlegerahmen ersetzende planparallel geschliffene Glasscheibe mit eingravierten Meßmarken und Markenkreuzschnittpunkt, Meßfilm-Wechselkassette für 56 m Filmband = 400 Aufnahmen, kardanische, erschütterungsfreie Aufhängung mit Verstellmöglichkeit von ±15° zum Nadir.
b) Sucherfernrohr mit Überdeckungs- und Abtriftregler zur gleichzeitigen Beobachtung oder Regelung von Überdeckung, Senkrechtstellung der Kammer und Richtung der aufeinanderfolgenden Aufnahmen. Die zwischen 20 und 60 vH veränderliche Überdeckung wird durch Elektromotor oder Handkurbel geregelt und nachgeprüft durch einen quer zur Fahrt gezogenen Faden, gegen den die Landschaft stehen soll, was durch ein hinter dem Fernrohrobjektiv angeordnetes umlaufendes und mit dem Antrieb des Reihenbildners gekuppeltes Prisma bewirkt wird. Natürlich muß dabei das Bild der Landschaft in bestimmten Zeitabständen wechseln.

Abb. 14
Zweifach-Reihenbildner von Carl Zeiss, Baumuster Zweifach RMKC/1, Bildgröße 18×18 cm², $f = 21$ cm, in einer Aufhängevorrichtung.

Ausstattung:
a) Kammern mit Aufhängevorrichtung: Lichtstärke 1 : 4,5, Gelbscheiben 2- und 5fach, Zentralverschlüsse, selbsttätige Aufnahmezähler, Planlegung des Films, Meßfilmwechselkassetten und Aufhängung wie bei Abb. 11. Einzubauen für Richtung in Fahrt und quer zu derselben.
b) Sucherfernrohr mit Überdeckungsregler, wie schon bei Abb. 11 beschrieben.

Abb. 15
Doppelkammer, Aerotopograph-G. m. b. H., Bildgröße 13 × 18 cm², $f = 21$ cm in Aufhängevorrichtung mit Plattenwechselkassetten.

Ausstattung: Lichtstärke 1 : 4,5, Gelbscheiben 2- und 4fach. Zentralverschlüsse mit gleichzeitiger Auslösung. Rahmensucher, zum Zwecke der Überdeckungsreglung verschwenkbar. Libellen: Kreuzlibelle zur Rohorientierung. Aufhängevorrichtung: mit Vorrichtung zur Neigung und Verschwenkung der Doppelkammer. Wechselkassetten zu je sechs Platten für Handgebrauch. Belichtung und Spannen mit Hand oder Motor.
Das Gerät ist im Auftrag eines Schweizer Vermessungsbüros gebaut worden und soll zu Katasteraufnahmen dienen, für die in der Schweiz die Verwendung von Filmen nicht zugelassen ist. Für die in der Fahrtrichtung liegenden Anschlußbilder beträgt die Überdeckung paarweise etwa 100 vH. Da das Gerät jeweils zwei Aufnahmen gleichzeitig liefert, so erhofft man von seiner Verwendung eine Einschränkung der trigonometrischen Grundlagen.

festigtes Schildchen, das bei jeder Aufnahme mitphotographiert wird. Statt der Bildweite mißt Hugershoff neuerdings die Winkel, unter denen die Meßmarken des Anlegerahmens im hinteren Hauptpunkt des Objektivs erscheinen müssen, wodurch ein fehlerhaftes Anliegen der Filmbänder unschädlich gemacht werden soll.

Die äußere Orientierung[8]) der Luftmeßbilder erfolgt erst bei ihrer Auswertung durch Rückwärtseinschnitt im Raume nach gegebenen Festpunkten. Die Aufnahmegeräte haben deshalb hierfür keine Vorrichtungen; wohl aber wird Gebrauch gemacht von Einrichtungen zur Einstellung der Kammern auf Senkrechtlage oder bestimmte Neigungswinkel.

Zur Beobachtung des zur Abbildung kommenden Geländeausschnitts, der Überdeckung, Abtrift und Richtung der aufeinanderfolgenden Aufnahmen werden nach Bedarf besondere Fernrohre mit Überdeckungsreglern in die Kammern eingebaut.

Über die Geräte und Verfahren zum Auswerten (Entzerren) von Luftmeßbildern folgt demnächst ein besonderer Aufsatz. [B 1597 a]

[8]) d. h. Bestimmung des Standortes, der Richtung, Neigung und Kantung der Aufnahme.

Literatur.

Die Literatursammlung der Bildstelle des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe, Berlin W 9, Leipziger Str. 2, Leiter Dr.-Ing. Ewald. Die Werke werden kostenlos verliehen.

Die Zeitschrift: „Bildmessung und Luftbildwesen", Liebenwerda, Prov. Sachsen, R. Reiß G. m. b. H.

O. v. Gruber, Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raume. Jena 1924, Gustav Fischer.

Prof. Dr. Samel, Bonn, Neues auf dem Gebiete der Photogrammetrie, namentlich der Luftphotogrammetrie. Geodätische Woche, Köln 1925, Stuttgart, Konrad Wittwer.

Dr. C. H. Pollog, Neues aus dem Gebiete der Photogrammetrie, Z. Bd. 70 (1926) S. 927.

O. Koerner, Zeichnerische Neupunktbestimmung nach Fliegerbildern eines bergigen Aufnahmegeländes, Artilleristische Rundschau 1926 Heft 3.

P. Seliger, Das photographische Meßverfahren-Photogrammetrie, „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften" Bd. 5 (1926) S. 47 und Bd. 6 (1927) S. 279.

Kurd Slawik, Die wirtschaftlichen Grundlagen der Luftbildmessung, Allgemeine Vermessungsnachrichten (1928) Heft 8.

Dr. H. Sarnetzky, Grundzüge der Luft- und Erdbildmessung. Berlin 1928, Gebrüder Bornträger.

Untersuchung von Spannungs- und Schwingungsmessern für Brücken[1])

Die Erkenntnis, daß die bisher benutzten Spannungs- und Schwingungsmesser teilweise erhebliche Mängel aufweisen und daß es auch kein Mittel zur Feststellung der Zuverlässigkeit solcher Apparate gab, und die Überzeugung, daß die Untersuchung des dynamischen Verhaltens eiserner Brücken unter den bewegten Lasten von ausschlaggebender Bedeutung für ihre Berechnung und bauliche Durchbildung sei, haben das Preisausschreiben und eine genaue Untersuchung der Güte der Bewerbungsgeräte veranlaßt. Besonders wichtig erscheinen die Spannungsmesser, von denen sechs verschiedene Bauweisen (Meyer-Honegger, Dr. Geiger, Fereday-Palmer, Cambridge, Fränckel-Leuner, Okhuizen) untersucht worden sind.

[1]) Bericht über die Ergebnisse des Wettbewerbes der Deutschen Reichsbahngesellschaft zur Erlangung eines Spannungs- und eines Schwingungsmessers für die Bestimmung der dynamischen Beanspruchungen eiserner Brücken.
Im Auftrage des Preisgerichts erstattet von Prof. Dr. W. Hort und Reichsbahnrat F. Hülsenkamp. Herausgegeben von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahngesellschaft. 58 S. m. 75 Abb. Berlin 1928, Verlag der verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn.

Als deren wesentlichste Kennziffer hatte das Preisausschreiben eine Eigenfrequenz von 800 Hertz[2]) festgesetzt, die allerdings bei keinem der Apparate auch nur annähernd erreicht wurde. Am höchsten liegt mit 120 Hertz die Eigenfrequenz des optisch-photographisch aufzeichnenden Gerätes von Fereday-Palmer. Alle andern Geräte bleiben noch erheblich dahinter zurück, weil sie mit zusammengesetzten Hebelschreibzeugen aufzeichnen. Das Gerät „Cambridge", das einen einfachen Schreibhebel aufweist, hat eine Eigenfrequenz von etwa 90 Hertz, war aber nicht im Wettbewerb. Die Geräte von Fränckel-Leuner und Okhuizen sind älteren Ursprungs und waren nur vergleichsweise herangezogen; ihre Eigenfrequenzen liegen unter 10 Hertz.

Zeigen sonach die neueren Geräte einige Fortschritte gegenüber den älteren, so waren die Anforderungen des Preisausschreibens keineswegs voll erreicht. Daher wurden keine Preise verteilt, sondern den einzelnen Bewerbern Vergütungen nach Maßgabe der aufgewendeten Mühe und der erreichten Fortschritte zugesprochen[3]).

Berlin-Charlottenburg [N 2124] W. Hort

[2]) Schwingungen in 1 s. [3]) Z. Bd. 71 (1927) S. 157.

Die Gleichrichter-Unterwerke der Leningrader Straßenbahn

Von Obering. J. A. Meier, Mannheim-Käfertal

Die gesamte Leningrader Straßenbahn wurde früher aus umlaufenden Umformern gespeist, jetzt ausschließlich aus neu errichteten Gleichrichter-Unterwerken. Im folgenden werden die besondern Vorteile dieser neuen Speisung angegeben, die Konstruktion und der Betrieb der Gleichrichter erläutert, und die Energieersparnis durch sie wird nachgewiesen.

Die Stromversorgung

Zur Speisung der Leningrader Straßenbahn dienten bisher eigene Unterwerke, in denen der von der Leningrader Vereinigung der staatlichen Elektrizitätswerke (Elektrotok) bezogene Drehstrom von 25 Per./s mittels Einankerumformer in Gleichstrom von 600 V umgeformt wurde. Im Kraftwerk arbeiteten zwei Turbostromerzeuger, Bauart Vickers, die bereits seit langem an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt waren, und man stand vor der Frage, entweder weitere Turbosätze für 25 Per./s aufzustellen oder zu Drehstrom von 50 Per./s überzugehen, um Stromerzeuger nur für Bahnzwecke zu vermeiden und den Anschluß an das bestehende Drehstromnetz zu ermöglichen. Gleichzeitig galt es, zu entscheiden, ob man für die Umformung Einankerumformer wählen sollte oder die inzwischen zur vollen Leistungsfähigkeit entwickelten Großgleichrichter. Der Elektrotok, der an der Umstellung das größte Interesse hatte, da sie eine Entlastung des Kraftwerkes bringen sollte, wurde von der Leningrader Straßenbahn mit der Aufgabe betraut, ihre Unterwerke neu auszurüsten. Nach sorgfältiger Prüfung aller Verhältnisse hat der Elektrotok den Gleichrichtern den Vorzug gegeben.

Weshalb wählte man Gleichrichter?

Da es sich zum Teil um den Umbau vorhandener Unterwerke handelte, bevorzugte man die Maschine, bei deren Aufstellung die geringsten Baukosten entstanden. Während umlaufende Umformer besondrer Fundamente bedurft hätten, konnte man die ruhenden Gleichrichter, die im Verhältnis zu ihrer Leistung leicht sind, ohne besondre Fundamente oder Verankerungen auf dem Boden der Umformerwerke aufstellen; in den Werken, wo vorher umlaufende Umformer standen, war es nicht einmal nötig, die alten Fundamente zu entfernen.

Die Unterwerke der Leningrader Straßenbahn sind über die ganze Stadt verteilt, und zwar in unmittelbarer Nähe von Wohnungen. Man mußte daher möglichste Geräuschlosigkeit verlangen. In geradezu idealer Weise wird der Gleichrichter dieser Forderung gerecht, da er selber überhaupt keine umlaufenden Teile hat außer der kleinen, praktisch geräuschlosen Vorvakuumpumpe, die infolge der Dichtigkeit des Gleichrichtergefäßes nur zeitweise im Betrieb zu sein braucht.

Vor allem waren es aber die Betriebsvorteile, die die Wahl des Gleichrichters begünstigten; sein Gesamtwirkungsgrad ist durchweg höher als der von Einankerumformern gleicher Leistung und Spannung, vor allem bei Teillasten. Dieser Vorteil war besonders zu bewerten, da der Straßenbahnbetrieb immer mit stark schwankender Belastung rechnen muß, so daß längere Betriebzeiten mit kleinen Lasten vorkommen, in denen sich der hohe Wirkungsgrad des Gleichrichters bei kleiner Last, der sich von dem Wert des Wirkungsgrades bei Vollast kaum unterscheidet, besonders günstig auswirkt. Dabei liegt der Leistungsfaktor der Gleichrichteranlage zwischen 0,92 und 0,93 erreicht also Werte, die meist beträchtlich über dem Durchschnitt der Abnehmer des speisenden Primärnetzes liegen. Eine Veränderung des $\cos\varphi$ im Betrieb und Einstellung auf den Wert 1 ist allerdings beim Gleichrichter nicht möglich. Eine Energierücklieferung vom Sekundärnetz in das Primärnetz mittels Gleichrichter ist ebenfalls nicht möglich.

Die Inbetriebsetzung des Gleichrichters ist außerordentlich einfach. Das Vergleichen der Polaritäten und das Synchronisieren, wie bei umlaufenden Maschinen, fällt fort. Da der Gleichrichter gegen Spannungs- und Periodenschwankungen des Primärnetzes völlig unempfindlich ist, weil er nicht außer Tritt fallen kann, ist es nicht notwendig, besondre Einrichtungen vorzusehen, die ihn vor den Folgen solcher Schwankungen schützen. Auch gegenüber Kurzschlüssen ist er weitgehend unempfindlich, so daß er für Bahnanlagen, bei denen Kurzschlüsse auf der Strecke häufig vorkommen, besonders geeignet ist.

Auch bei einem Vergleich der Betriebskosten schneidet der Gleichrichter günstig ab. Seine Teile sind praktisch keiner Abnutzung unterworfen, da bei der hohen Luftleere die Innenteile nicht oxydieren können. Bei Störungen, die natürlich nicht völlig ausgeschlossen sind, ist die Instandsetzung meist sehr einfach und schnell an Ort und Stelle durchzuführen.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Bedienung und Wartung des Gleichrichters sehr einfach ist, so daß man Bedienungspersonal sparen kann, besonders bei selbsttätiger Überwachung des Vakuums.

Die Großgleichrichter-Unterwerke

Umfang der Lieferungen

Die Gesamtleistung der in den Unterwerken der Leningrader Straßenbahn eingebauten Gleichrichter beträgt 17 400 kW; sie verteilt sich auf die einzelnen Unterwerke wie folgt:

Zahlentafel 1
Die Gleichrichter-Unterwerke der Leningrader Straßenbahn

Name des Unterwerkes	Anzahl der Gleichrichtergruppen	Leistung kW
25. Oktober	3	je 1200
Lermontoff	3	„ 1200
	1	600
Uritzky	2	„ 1200
	1	600
Krasnye Sory	2	„ 1200
	1	600
Proletarskaja Diktatura	2	„ 1200
Lenin	1	600
Wolodarsky	1	600

Sämtliche Lieferungen entsprechen den neusten Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker, soweit nicht besondre Bedingungen des Elektrotok zu erfüllen waren.

Die Saugdrosselschaltung

Jede Gleichrichtergruppe für 1200 kW besteht aus einem Umspanner, der zwei sechsanodige Gleichrichter speist, während jede Gruppe für 600 kW aus einem Umspanner besteht mit nur einem Gleichrichter der gleichen Größe. Die Kathoden der Gleichrichter sind über Gleichstrom-Schnellschalter mit der Plus-Gleichstromsammelschiene verbunden, während die Minus-Leitung, die mit der Erde verbunden ist, über zwei Saugdrosselspulen zum aufgeteilten Nullpunkt des Umspanners zurückführt. Die Schaltung zeigt Abb. 1.

Trotz der zwei Gleichrichtergefäße ist jede Gruppe für 1200 kW als Einheit zu bewerten. Die Ausführung mit zwei Gefäßen bietet den großen Vorteil einer gewissen Reserve, da es ohne weiteres möglich ist, im Falle einer Störung einen Gleichrichter abzuschalten und mit dem andern weiter zu arbeiten, der dann imstande ist, die halbe Leistung, nämlich 1000 A bei 600 V, abzugeben.

Die Saugdrosselschaltung hat den Vorteil, daß sie bei normaler Kurzschlußspannung des Umspanners den geringsten Gleichspannungsabfall zwischen kleinster Last und Vollast gibt. Der Verlauf der Stromstärke und der Spannung geht aus Abb. 2 hervor. Der Spannungsabfall beträgt rd. 4 vH, d. s. 25 V bei einer gleichbleibenden Oberspannung von 6300 V und 50Per./s. Die Gleichspannung ist also praktisch konstant, da der kleine Abfall ohne Be-

Abb. 1
Schaltbild einer 1200 kW-Gleichrichtergruppe von Brown, Boveri & Cie. für 2000 A bei 600 V mit einem Umspanner, Saugdrosselspulen und zwei Gleichrichtern.

a Gleichrichter
b Umspanner für 2 Gleichrichter
c Saugdrosselspulen
d Luftpumpensatz
e Ölschalter für den Umspanner
f Meßeinrichtung auf der Wechselstromseite
g Schnellschalter auf der Gleichstromseite
h Nebenschluß für Gleichstromzeiger
i Gleichstrom-Sammelschienen
k Sammelschienen der 220 V-Hilfsstromquelle
l Zünd- und Erregereinrichtungen
m Betätigungsschalter für *l*
n Schaltapparat für die selbsttätige Luftpumpeneinrichtung
o Umschalter für Handbedienung von *n*
p Gefahrmelderelais

deutung für den Straßenbahnbetrieb ist. Es war deshalb auch möglich, ohne Regeleinrichtung auszukommen. Die Umspanner haben lediglich hochspannungsseitig zwei Anzapfungen je Phase, damit man kleine Abweichungen der Hochspannung von 4,5 vH nach oben oder unten ausgleichen kann. Ihre Kurzschlußspannung beträgt rd. 4 bis 5 vH, unterscheidet sich demnach nicht von den Werten, wie sie bei Drehstrom-Umspannern gleicher Größe normal vorkommen.

Die Saugdrosselspule bewirkt, daß im Betrieb das sekundäre Sechsphasensystem des Gleichrichter-Umspanners in zwei um 60° gegeneinander verschobene Dreiphasensysteme aufgelöst wird. Hiernach wird die Stromlieferung jeder einzelnen Anode, die sich bei Sechsphasenbetrieb über 60 elektrische Grade erstreckt, auf 120 elektrische Grade ausgedehnt, und die starke dritte Harmonische in den Phasenströmen, die bei Sechsphasenbetrieb vorhanden ist, unterdrückt. Das verbessert den Wirkungsgrad und den primären Leistungsfaktor der Anlage. Außerdem ist bei Saugdrosselschaltung der Höchstwert des Anodenstromes nur halb so groß wie bei Sechsphasenschaltung, wodurch die im Gleichrichtergefäß auftretenden Verluste abnehmen und der Wirkungsgrad der Anlage weiter steigt. Da ferner der sekundäre Phasenstrom bei Saugdrosselschaltung um rd. 27 vH kleiner ist als bei einfacher Sechsphasenschaltung, konnte man für die Verbindungsleitungen zwischen Gleichrichter und Umspanner kleinere Querschnitte wählen.

Abb. 2
Strom-Spannungs-Kennlinien einer Gleichrichtergruppe.

a für 1200 kW 2000 A bei 600 V Vollast
b „ 600 „ 1000 „ „ „ „ „

Infolge der Saugdrosselschaltung steigt die Gleichstromspannung bei vollständigem Leerlauf des Gleichrichters um 15 vH. Die Saugdrossel kann nämlich nur bei genügend großem Magnetisierungsstrom, d. h. bei einer Gleichstrombelastung der Gleichrichtergruppe von rd. 0,5 vH des Vollaststromes an, wirken. Bei einer 1200 kW-Gruppe der Leningrader Straßenbahn, deren Vollaststromstärke 2000 A beträgt, ist die Saugdrosselspule schon bei rd. 10 A Gleichstrom magnetisiert, so daß die geschilderte Wirkung auf die Anodenströme eintritt. Unterhalb dieses Wertes ist die Wirkung der Saugdrosselspule nur unvollkommen, bei Leerlauf des Gleichrichters hört sie ganz auf, so daß sich die Gleichspannung der normalen Sechsphasenschaltung einstellt, die, wie angegeben, etwa 15 vH über der Spannung bei 10 A Belastung liegt. Diese Eigenart der Saugdrosselschaltung ist ohne Nachteil, da es bei der Größe des Leningrader Straßenbahnbetriebes niemals vorkommen wird, daß eine Gleichrichtergruppe von 1200 kW für eine Gleichstrombelastung von weniger als 10 A eingeschaltet bleibt. Die ausgedehnten Betriebserfahrungen mit dieser Schaltung in vielen Großgleichrichter-Anlagen bestätigen dies.

Sämtliche Gleichrichter-Umspanner sind primär in Stern geschaltet, sekundär bei den 1200 kW-Gruppen in Doppel-Sechsphasenschaltung, bei den 600 kW-Gruppen in Einfach-Sechsphasenschaltung. Bei den 1200 kW-Gruppen

arbeitet jede Phase auf zwei parallel geschaltete Anoden. Mit Rücksicht auf die abfallende Lichtbogencharakteristik ist jede der sechs Phasen in zwei parallele Zweige aufgeteilt, deren gegenseitige Streureaktanz durch eine besondre Anordnung vergrößert wird, so daß bei Aussetzen einer der beiden parallelgeschalteten Anoden die andre durch die entstehende Zusatzspannung von selbst zur Stromabgabe gezwungen wird. Man erreicht dadurch, daß beide Gleichrichter praktisch gleiche Last aufnehmen. Diese „Doppel-Sechsphasenschaltung" vermeidet die Nachteile der Anodendrosselspulen, die infolge ihrer Verluste den Wirkungsgrad verschlechtern, Raum beanspruchen und eine viel umständlichere Leitungsführung erfordern.

Die Umspanner

Die Umspanner sind in der Kernbauart ausgeführt und haben kreisrunde Wicklungen, da diese die größte mechanische Festigkeit gegen Kurzschlüsse haben. Sie werden durch kurzschlußsichere Abstützungen zusammengehalten, indem die Säule jeder Wicklung zwischen einem oberen und einem unteren Stahlgußpreßring liegt, die mittels durchgehender Bolzen und dazwischen geschalteter Spiralfedern zusammengehalten werden. Infolgedessen kann die Wicklung auch bei Kurzschlüssen nicht locker werden. Auf Grund der technischen Bedingungen waren die Transformatoren mit drei vollen Kurzschlüssen im Abstand von je 1 min zu prüfen.

Die Umspanner sind für natürliche Kühlung gebaut. Zur Abführung der Wärme dienen Wellblechkörper, sogenannte Radiatoren, die oben und unten in Sammelröhren münden. Die Radiatoren werden an den glatten Blechkasten des Umspanners angeflanscht. Ein solcher glatter Kasten hat größere Festigkeit als ein Wellblechkasten gleicher Größe.

Die Gleichrichter

Sämtliche Gleichrichter haben je sechs Anoden und sind mit ihren Luftpumpen zusammengebaut, Abb. 3[1]). Das Oberteil, die Anodenplatte mit Dom, ist abnehmbar. Alle Dichtungen sind mittels Quecksilber mit vorgelagertem Asbest ausgeführt, Abb. 4; ihre Haltbarkeit ist praktisch unbegrenzt.

Der dichte Abschluß des Gleichrichtergefäßes ist eine der Grundbedingungen für ein einwandfreies Arbeiten. Es genügt nicht, wenn man eingedrungene Gase absaugt; denn alle Gase schädigen den Formierungszustand (Entgasungszustand), indem sie sich teilweise mit dem Quecksilber verbinden oder an den Wänden haften bleiben, von wo sie durch Absaugen nicht zu entfernen sind. Bei dichten Gefäßen zeigt das Quecksilber auch nach sehr langen Betriebzeiten keine Veränderung, während die Undichtigkeit des Gefäßes eine starke Verschmutzung des Quecksilbers zur Folge hat. Bei schlechter Luftleere zerstäuben die Anoden stark, das zerstäubte Eisen mischt sich mit dem Quecksilber, bleibt an den Gefäßwänden hängen, so daß man den Gleichrichter öffnen und reinigen muß.

[1]) s. a. den Schnitt durch einen BBC-Gleichrichter; Z. Bd. 72 (1928) Nr. 26 S. 906.

RZ 1558 Z 3

Abb. 3
Gleichrichter von Brown, Boveri & Cie. für 600 kW, 1000 A bei 600 V mit Luftpumpensatz.

RZ 1558 Z 4

Abb. 4
Elektrodeneinführung mit Quecksilberdichtung.

a Anodenplatte
b Durchführungsisolator
c Asbestring
d Flansch
e Gummiring
f Quecksilberstandanzeiger
g Quecksilber

RZ 1558 Z 5

a Vorvakuumpumpe mit eingebauter, selbsttätiger Druckölsteuerung
b Antriebmotor für die Vakuumpumpe
c Quecksilberdampf-Hochvakuumpumpe
d Isolierumspanner für die Heizplatte der Quecksilberdampf-Hochvakuumpumpe
e Kühlwasserablaufleitung
f Vor- und Hochvakuumleitung

Abb. 5
Luftpumpensatz, Type L.
(Ansicht von der Pumpe aus.)

Wegen der hohen Stromstärke werden die Anoden der Gleichrichter für 1000 A mit Wasser gekühlt. Der Anodenschaft ist angebohrt; in die Bohrung taucht das Rohr des Rippenkühlers ein. Das erwärmte Wasser steigt nach oben und fließt abgekühlt zwischen Bohrung und Tauchrohr zur tiefsten Stelle zurück. Diese einfache Kreislaufkühlung der Anoden hat sich durchaus bewährt.

Gleichrichter-Zubehör

Die Betriebsicherheit einer Gleichrichteranlage hängt sehr von der Zuverlässigkeit der Hilfsapparate ab.

Jeder Gleichrichter der Leningrader Straßenbahn ist mit einem eignen Luftpumpensatz ausgerüstet, der aus einer Hochvakuumpumpe mit in Reihe geschalteter Vorvakuumpumpe und einer unmittelbar anzeigenden elektrischen Vakuum-Meßeinrichtung besteht. Der Heizkörper der Hochvakuumpumpe und die Meßvorrichtung werden über kleine Isolierumspanner gespeist; zum Antrieb der Vorvakuumpumpe dient ein isoliert gekuppelter Drehstrommotor, Abb. 5. Die Isolierung hat den Zweck, das 220 V-Hilfsnetz von dem Gleichrichtergefäß und dem mit ihm verbundenen, unter 600 V gegen Erde stehenden Teilen vollkommen zu trennen. In den Leningrader Unterstationen steht für die Hilfsapparate Drehstrom von 110 V bei 50 Per./s zur Verfügung. Jeder Gleichrichter hat eine selbsttätige Wechselstrom-Zündvorrichtung, die so geschaltet ist, daß der Zündstromkreis nach der Zündung unterbrochen wird, während ein Hilfslichtbogen, den ein kleiner Einphasen-Umspanner speist, bestehen bleibt, Abb. 6. Hierdurch ist der Gleichrichter auch bei Rückgang der Gleichstrombelastung auf null stets betriebsbereit. Selbst wenn die Spannung ausbleibt und der Hilfslichtbogen erlischt, tritt nach ihrer Rückkehr in wenigen Sekunden eine neue Zündung ein, ohne daß es eines Eingriffs des Betriebspersonals bedürfte.

Selbsttätige Überwachung des Vakuums und Störungsmeldung

Die Überwachung der Luftleere ist dem Betriebspersonal entzogen. Die selbsttätige Einrichtung besteht darin, daß ein ferrodynamisches Galvanometer den Luftpumpensatz über einen Schaltapparat in Abhängigkeit vom Vakuum im Gleichrichter steuert und Störungen sowie das Fehlen des Gleichrichter-Kühlwassers meldet.

Das ferrodynamische Galvanometer hat drei Kontakte; ein Kontakt dient zum Abschalten der Vorvakuumpumpe bei höchster Luftleere, der mittelste zum Einschalten der Vorvakuumpumpe, sobald das Vakuum einen bestimmten unteren Grenzwert erreicht hat, der dritte Kontakt gibt ein Warnungszeichen, sobald das Vakuum unter den Wert gesunken ist, bei dem der Gleichrichter nicht betrieben werden darf. Zum Kontaktgeben dient ein beweglicher Kontaktbügel, der von einem kleinen Ferrarismotor angetrieben wird und periodisch den Instrumentenzeiger gegen die Kontaktbahn preßt. Auf diese Weise wird guter Kontakt erzielt.

RZ 1558 Z 6

Abb. 6
Schaltbild für Wechselstromzündung.

a Feder
b Zündspule
c Zündanode
d Kathode
e Erregeranoden
f Sicherung
g Klemmbrett am Gleichrichter
h Zündwiderstand
i Erregerwiderstand
k Erregerdrosselspule
l Erregertransformator
m Relais

RZ1558 Z 7

Abb. 7
Schaltvorrichtung für selbsttätige Vakuumüberwachung. Innenansicht.

Die Schaltvorrichtung, Abb. 7, vereinigt in sich verschiedene Relais; sie hat drei Antriebe, die je aus einem Anker bestehen, der im Felde eines Dauermagneten synchron mit der Netzfrequenz des Hilfstromes schwingt. Die hin- und hergehende Bewegung wird mittels eines kleinen Zahnradgetriebes in eine drehende Bewegung umgewandelt und bewegt unmittelbar die eingebauten Drehschalter. Die Schaltvorrichtung verbraucht nur wenige Wattsekunden.

Zur Speisung der Schaltvorrichtung dient ein kleiner Hilfsumspanner, der die vorhandene Hilfspannung von 110 V bei 50 Per./s auf 60 V umformt. Der Schaltapparat kann folgende Vorgänge steuern:

1. Die Pumpe in und außer Betrieb setzen in Abhängigkeit von der Luftleere;
2. die Hochvakuumpumpe bei Ausbleiben des Kühlwassers ausschalten und die Störung melden;
3. Meldung geben, daß die Stromzufuhr zur Hochvakuumpumpe aufgehört hat, sei es durch Störung in den Hilfsapparaten oder durch Ausbleiben der Spannung des Hilfsnetzes;
4. nach Ausbleiben und Wiederkehren der Hilfspannung zunächst die Hochvakuumpumpe und dann die Vorvakuumpumpe wieder einschalten;
5. verhindern, daß ein Warnungszeichen gegeben oder die Anlage verriegelt wird, wenn durch Ausbleiben der Hilfspannung der Vakuummeßeinrichtung der Zeiger des ferrodynamischen Galvanometers in die Nullstellung geht, demnach fälschlicherweise schlechtes Vakuum anzeigt, dagegen die Verriegelung der Anlage zu veranlassen, wenn es wegen schlechten Vakuums nötig ist.

Außer der Luftleere werden mittels Kontaktthermometer, die an der Anodenplatte angebracht sind, die Tem-

peraturen der Gleichrichter überwacht. Bei einer Temperatur von 53 ° erscheint ein Warnungszeichen; bei einer weiteren Temperatursteigerung auf 60 ° kann der Ölschalter selbsttätig ausgeschaltet werden.

Bei Störung leuchtet für jede Störungsart eine eigene Lampe auf; gleichzeitig ertönt eine Glocke.

Von den Schalteinrichtungen ist der Schnellschalter, Abb. 8 und 9, für 1000 A Dauerstrom bei 1500 V, der in die Kathodenleitung eingebaut ist, bemerkenswert. Seine Abschaltleistung reicht aus, die größten bei Vollast vorkommenden Kurzschlüsse abzuschalten in einer Schaltzeit von 0,02 s vom Eintritt des Kurzschlusses bis zu seiner völligen Unterbrechung. Der Schnellschalter setzt die Beanspruchungen des Gleichrichters und der Umspanner bei Kurzschluß auf einen Bruchteil des Wertes herab, dem sie bei langsam schaltenden Schaltern ausgesetzt sind. Die Abschaltung des Schnellschalters wird ebenfalls durch Lampe und Glocke gemeldet.

RZ 1558 Z 8 u. 9

Abb. 8 und 9
Schnellschalter.

a Polplatten
b Blasspulen
c Stromschienen
d Biegsame Leitung
e Kontaktklötze
f Antriebswelle
g Hebel
h Exzenter
i Rolle
k Hebel
l Klinke
m Mitnehmer
n Blattfeder
o Eisenkern
p Anker
q Exzenter
r Kniehebel
s Klinke
t Minimalspannungsmagnet
v Umschalter
w Kettenrad
x Klemmenbrett

Parallelarbeit, Überlastung, Wirkungsgrad, Wirtschaftlichkeit

Sämtliche Gleichrichtergruppen können ohne besondere Einrichtungen parallel arbeiten, da ihr gesamter Spannungsabfall zwischen Leerlauf und Vollast praktisch gleich ist. Dabei verteilt sich die Belastung von selbst auf die einzelnen Gruppen entsprechend dem Anteil, den ihre volle Leistung an der vollen Leistung aller im Betrieb befindlichen Gruppen bildet. Auch mit den Einankerumformern ist Parallelbetrieb ohne weiteres möglich; die Lastverteilung richtet sich dabei nach dem Verhältnis der Spannungsabfälle. Haben die Gleichrichter einen geringeren Spannungsabfall, so übernehmen sie bei Belastungsvermehrung die Belastungsspitze, während sie bei einer Belastungsverminderung entlastet werden, so daß die Einankerumformer auf diese Weise mit möglichst gleichmäßiger Last und daher günstigem Wirkungsgrad arbeiten. Die einzelnen Gleichrichterwerke arbeiten normalerweise nicht parallel; jedes Werk speist eine Reihe ihm zugeteilter Strecken, so daß es gut ausgenutzt ist. Nur im Störungsfalle können die Strecken des gestörten Werkes vom Nachbarwerk mitgespeist werden.

Die Strom-Spannungs-Kennlinien der Gleichrichtergruppen verlaufen geradlinig, Abb. 2, und zwar auch über die Vollast hinaus, so daß bei 100 vH Überlast der Spannungsabfall nur rd. doppelt so groß wie bei Vollast ist. Bei den Gleichrichtergruppen der Leningrader Straßenbahn beträgt, wie bereits erwähnt, der Spannungsabfall bei Vollast etwa 4 vH, bei 100 vH Überlast nur rd. 8 vH. Die Überlastbarkeit der Gleichrichtergruppen zeigt Zahlentafel 2:

Zahlentafel 2
Überlastbarkeit der Gleichrichtergruppen

Dauer	Überlastung vH	Stromstärke eines Gleichrichters A
dauernd	0	1000
30 min . .	25	1250
3 „ . .	40	1400
Stoß . . .	100	2000

Die Häufigkeit der Überlastungen ist begrenzt durch die Erwärmung der Umspanner.

Der Wirkungsgrad erreicht folgende günstige Werte:

Zahlentafel 3

Belastung	4/4	3/4	1/2	1/4
Wirkungsgrad (Tol. ± 1 vH) vH	93,6	93,8	93,8	93,2

In diesen Wirkungsgraden sind sämtliche Verluste im Umspanner, in der Saugdrosselspule, sowie im Gleichrichtergefäß selbst enthalten, nur der Leistungsverbrauch der Hilfseinrichtungen nicht. Dieser setzt sich zusammen aus der Erregerleistung von rd. 600 W je Gleichrichtergefäß und der Leistung von rd. 1000 W für die Heizung der Quecksilberdampf-Pumpe, die dauernd in Betrieb ist. Bei einer Gleichrichtergruppe für 1200 kW, die aus zwei Gleichrichtergefäßen besteht, hat dieser Leistungsverbrauch den doppelten Wert, beträgt also insgesamt 3,2 kW oder 0,16 vH der abgegebenen Leistung. Den Verbrauch der Vorvakuumpumpe kann man vernachlässigen, da dieser sehr klein und die Pumpe auch meist außer Betrieb ist.

Um über Ersparnisse mit den Gleichrichtern gegenüber Einankerumformern einen Begriff zu erhalten, griff man einen beliebigen Betriebstag des Jahres 1927 (Unterwerk Lermontoff) heraus und ermittelte 24 Stunden lang die Eigenverluste der dort in Betrieb befindlichen 600 kW-Gleichrichtergruppe. Anschließend ermittelte man die Verluste, die eingetreten wären, wenn man die abgegebene Leistung mit einem Einankerumformer gleicher Größe erzeugt hätte. Der Gleichrichter ergab eine Ersparnis von 216 kWh am Tag, in einem Jahr eine Leistungsersparnis von 78 840 kWh.

Legt man einen Preis von 5 ₰/kWh zu Grunde, so ergibt sich in einem Betriebsjahr eine Ersparnis von 3942 *RM* bei entsprechender Belastung sämtlicher Gleichrichtergruppen eine Gesamtersparnis von 114 318 *RM* im Jahr.

Eine genaue Rechnung über die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit wird sich erst nach längerer Betriebzeit aufstellen lassen.

Zusammenfassung

Bei den vorstehend geschilderten Gleichrichteranlagen der Leningrader Straßenbahn wird zum erstenmal in Rußland der Gleichrichter als Umformer in größerem Umfang benutzt. Mit der Erholung der russischen Wirtschaft wird sich die Notwendigkeit, die vorhandenen Betriebe zu erweitern sowie viele der älteren Anlagen zu erneuern, ergeben, und es dürfte keinem Zweifel unterliegen, daß der Gleichrichter bestimmt ist, der zukünftige Umfomer nicht nur für die Speisung der Straßen- und Vollbahnen, sondern auch für Licht- und Kraftbetrieb jeglicher Art zu werden. [B 1558]

Dauerprüfmaschinen

Von W. Deutsch und G. Fiek, Berlin-Dahlem[1])

Dauerversuchsmaschinen der Werkstoffschau 1927; Beanspruchung der Proben durch Schlag und Schwingung auf Zug, Druck, Zug-Druck, Biegung, Verdrehung.

Eine verhältnismäßig neue Erscheinung auf dem Gebiete der Werkstoffprüfung sind die Dauerversuchmaschinen; sie dienen dazu, die zulässige Beanspruchung der Werkstoffe zu ermitteln, die bei praktisch unendlich oft wiederholter Wirkung nicht zum Bruch des Stabes führen. Neben den bereits bekannten Dauerschlagwerken von Krupp, Abb 1 und 2, bei denen Schläge bestimmter Schlagarbeit auf beiderseits gelagerten, an der Schlagstelle gekerbte Stäbe bis zum Bruch des Stabes ausgeübt werden, gibt es eine Reihe von Maschinen, bei denen meist durch elektrische Schwingungen die Wechselbeanspruchung erzeugt wird und Zug-, Druck-, Biegungs- oder Verdrehungsbeanspruchung in den Probestäben hervorruft.

Die Wirkungsweise dieser Maschine ist im Gegensatz zu den übrigen Prüfmaschinen für den Beschauer undurchsichtig, so daß eine kurze Beschreibung der einzelnen Maschinen zweckmäßig erscheint, zumal diese Art der Werkstoffprüfung immer wichtiger wird. Ein Mangel des ganzen Verfahrens scheint darin zu liegen, daß es bei den meisten Maschinen nicht möglich ist, aus den Versuchsergebnissen unmittelbar die Beanspruchung abzulesen; es muß vielmehr aus den beobachteten Werten meistens mittels des Elastizitätsmoduls die Spannung berechnet werden. Der Elastizitätsmodul ist aber keine vollkommen feststehende Zahl, sondern ist abhängig von der Gleichmäßigkeit des Werkstoffes, von der Beanspruchung, von der Wärme und anderen Einflüssen.

Besonders schwierig wird es, wenn bei der Prüfung plastische Verformungen auftreten, weil die Umrechnung der Formänderung in Spannung mit Hilfe des Elastizitätsmoduls nur bei elastischen Formänderungen richtig ist. Die Beanspruchungen der Probestäbe in den verschiedenen Maschinen sind so vielgestaltig, daß man die auf verschiedenen Maschinen gefundenen Ergebnisse noch nicht ohne weiteres vergleichen kann. Es wird noch eingehender Untersuchungen bedürfen, bis man zu dem gewünschten Ziel gelangen wird, durch einfache maschinelle Prüfung eines Probestabes seine Dauerfestigkeit festzulegen. Immerhin sind gerade von den Maschinenherstellern sehr wertvolle Vorarbeiten geleistet worden.

Die Zug-Druck-Maschine, Abb. 3 und 4, zeichnet sich vor andern Dauerprüfmaschinen aus:

1. dadurch, daß der Prüfstab rein sinusförmige Zug-Druck-Belastung erfährt,
2. durch eine Lastwechselfrequenz von 500 Per./s, also etwa dem 10fachen der sonst üblichen.

Die Maschine, Abb. 3, ist ein gekoppeltes Schwingungssystem aus den Massen *b*, *c*, *d*, sowie des Prüfstabes *a* und der Feder *e*. Dabei sind die Massen *b* und *d* gegenüber der Masse *c* und die fest eingebaute Feder *e* gegenüber der Federung *a* des Prüfstabes rd. zehnmal so stark gehalten, so daß *b* und *d* praktisch in Ruhe verbleiben. *c* wird elektromagnetisch in Richtung der Prüfstablängsachse erregt. Durch Regelung des 500periodigen Wechselstroms, der aus einem Umformersatz gewonnen wird, kann die Belastung des Stabes geändert werden. Durch Anbringen von Zusatzmassen an *c* ist die Eigenschwingungszahl des mechanischen Schwingungssystems (*b*, *e*, *c*, *a*, *d*) der Frequenz des elektrischen Antriebs anzupassen. Infolge der Resonanzwirkung ist die Leerlaufleistung der Maschine gering und von gleicher Größenordnung wie die vom Prüfstab durch innere Arbeit verzehrte Leistung.

Die Prüfstableistung wird als Unterschied beider Leistungen mittels Watt-Feinmesser bestimmt. Die Belastung des Prüfstabes kann nur mittelbar in Form

[1]) Aufsätze über Maschinen für die Festigkeitsprüfung, für Härte- und Verschleißprüfung sind vorausgegangen; vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 34 S. 1173 und Nr. 43 S. 1541.

Abb. 1. Dauerschlagwerk nach Krupp, Bauart Losenhausen.

Abb. 2 Universal-Zwillings-Dauerschlagwerk

a_1 Probe für Zugversuch
a_2 Probe für Biegeversuch
a_3 Probe für Stauchversuch
b Schaltwerk
c Exzenter
d Zählwerk
e Antrieb

Abb. 3 und 4 Dauerversuchsmaschine für schwingende Zug-Druck-Belastung, Bauart Schenk.

a Probe *b* feststehende Masse *c* und *d* schwingende Massen *e* Feder

der Amplitude von Stabdehnung und Kürzung gemessen werden, aus der mit Hilfe des Elastizitätsmoduls die Spannung zu berechnen ist Eine an der Masse *c* feste Eisenzunge bewegt sich zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten, in dessen Wicklung hierdurch ein Wechselstrom induziert wird. Seine Spannung ist ein Maß für die Schwingungsweite der Masse *c*. Diese Einrichtung wird so geeicht, daß durch ein Meßmikroskop eine auf der Masse *c* befestigte Lichtmarke beobachtet wird. Mittels eines Thermoelementes liest man die Stabtemperatur ab, während die aufgebrachte Lastwechselzahl durch ein Zählwerk an dem elektrischen Umformersatz angezeigt wird. Stäbe aus stark dämpfendem Werkstoff kühlt man durch einen starken Ölstrom. Die Prüfeinrichtung arbeitet selbsttätig. Insbesondere schaltet sich die Maschine aus, wenn der Stab bricht oder der Antriebstrom unzulässig stark schwankt oder gar aussetzt.

In der Dauerbiegemaschine, Abb. 5, belastet man den Probestab *a* über seinem mittleren zylindrischen Teil, der allein zur Untersuchung der Dauerbiegefestigkeit herangezogen wird, mit einem gleichgroßen Biegungsmoment durch ein verschiebbares Laufgewicht *e* und Hebelübertragung. Dabei wird der Stab um seine Achse gedreht, so daß die Spannung sich an jeder Randfaserstelle abwechselnd von Zug in Druck sinusartig ändert. Die Größe der Belastung kann aus der Stellung des Laufgewichtes abgelesen werden, die Größe der Formänderung durch zwei Feinmeßuhren *b*, die die Durchbiegung des Stabes an zwei Stellen anzeigen.

Der Antriebmotor *c* ist als Pendelmotor ausgebildet; aus seinem Ausschlag schließt man auf die Größe des verbrauchten Drehmomentes. Als Unterschied des Drehmomentes bei arbeitendem Prüfstab und bei entlastetem Prüfstab, also des Leerlaufdrehmomentes (Lagerreibung, Bürstenreibung, Luftwiderstand), ergibt sich das im Prüfstab ständig verzehrte Drehmoment. Aus den Größen Drehmoment und Drehzahl berechnet sich die Probestableistung. Die Stabtemperatur kann mittels eines Thermoelementes, dessen Zuleitungen über Schleifringe abgeführt sind, gemessen werden. Bei sich stark erwärmenden Stäben kann eine Öl- oder Borwasserspülung eingeschaltet werden. Beim Bruch des Stabes schaltet sich die Maschine selbsttätig aus. Die erreichte Lastwechselzahl wird mit einem Umdrehungszähler *d* an der elektrischen Antriebmaschine abgelesen. Die Maschine kann 1000 bis 5000 vollständige Lastwechsel in einer Minute ausführen.

RZ 1466 Z 6

Abb. 6. Maschine für schwingende Verdrehungsbelastung, Bauart Losenhausen (s. a. Abb. 7).

b a c d e

RZ 1468 Z 5

Abb. 5
Dauerbiegemaschine, Bauart Schenk.
a Probe *b* Meßuhren *c* Antrieb *d* Zählwerk
e Belastungsvorrichtung

Die Maschine, Abb. 6 und 7, für schwingende Verdrehungsbelastung besteht aus den Massen *a* (Grundplatte), *b* (Anker), *c* (Kurzschlußanker) und *d* (Gegenmasse). Die senkrechte Welle *e* ist am oberen Ende mit dem Anker des oszillierenden Antriebmotors fest verbunden, der den einen Einspannkopf für die Probe trägt. Die Welle ist von einem Rohre *f* umgeben, das am oberen Ende mit der Welle starr verbunden ist und am unteren Ende den als Hohlzylinder ausgebildeten Kurzschlußanker der in der Grundplatte untergebrachten elektrischen Bremse trägt. Der andre Spannkopf der Maschine ist mit der im Gehäuse axial verschiebbaren, durch Ausgleichgewichte gehaltenen Masse *d* verbunden.

In dem Anker des Antriebmotors werden durch magnetische Pendelfelder Drehmomente erzeugt, deren Richtung sich mit der Frequenz des Wechselstromes (50 Per./s) ändert. In 24 h kann der Stab also etwa 4,3 Mill. mal abwechselnd links und rechts herum verdreht werden. Zur Dämpfung der Schwingungen dient das System *b*, *f*, *c*.

Die Bedingungen für die Schwingungsverhältnisse sind so gewählt, daß die Betriebsfrequenz möglichst unabhängig von äußeren Störungen gewährleistet ist und die Schwingungen des Gesamtsystems stabil sind. Die Amplitude der Verdrehung wird durch das Feld des Antriebmotors geregelt und optisch mit einem unterhalb dieses Motors an der Welle befestigten Spiegel gemessen, indem ein Lichtstreifen auf eine durchsichtige Einteilung geworfen wird. Der größte zulässige Verdrehungswinkel beträgt 5° und gibt auf der Einteilung einen Ausschlag von 200 mm.

Die Zahl der Belastungswechsel des Probestabes wird unmittelbar an einem Zählwerk abgelesen. Beim Bruch des Probestabes werden die Maschine und das Zählwerk ausgeschaltet.

Die Beanspruchung des Stabes wird nach der Amplitude eingestellt, indem mit Hilfe des Gleitmoduls des Werkstoffes die Spannung aus dem Drehwinkel berechnet wird. Während des Versuches wird die Arbeitsaufnahme des Probestabes verfolgt. Zu diesem Zweck ist der Probestab mit einem Glasgefäß umgeben, durch das Kühlwasser fließt. Die durch die Arbeitsaufnahme des Stabes bewirkte Erwärmung des Wassers mißt man mit Thermo-

d b h g e f c a

RZ 1468 Z 7

Abb. 7
Maschine für schwingende Verdrehungsbeanspruchung.

a Masse
b Anker
c Kurzschlußanker
d Gegenmasse
e senkrechte Welle
f Federrohr
g Zählwerk
h Probe

Abb. 8
Dauerversuchsmaschine für Biegungsschwingungen, Bauart MAN
(s. a. Abb. 9).

Abb. 10
Drehschwingungsmaschine, Bauart MAN
(s. a. Abb. 11).

elementen. Die entsprechende Energie wird bestimmt, indem das Kühlwasser durch ein zweites gleiches Gefäß fließt und hier durch einen gleichen nicht belasteten, elektrisch geheizten Probestab um den gleichen Betrag weiter erwärmt wird. Die zum Heizen aufgewendete elektrische Energie wird der vom Stabe verbrauchten Energie gleichgesetzt.

Die gleiche Meßvorrichtung wendet man bei Versuchen bei höherer Temperatur an. Der Probestab wird durch eine besondere Heizeinrichtung auf die Versuchstemperatur erwärmt. Tritt bei der Wechselbelastung infolge Arbeitsaufnahme Wärmeentwicklung im Stabe ein, so ist eine geringere Heizenergie erforderlich, um die Versuchstemperatur gleich hoch zu halten. Der Unterschied in der Heizenergie gibt die im Stabe frei werdende Energie an[2]).

Bei den beiden Dauerversuchsmaschinen, Abb. 8 bis 11, eine für Biegungs-, Abb. 8 und 9, und eine für Drehschwingungen, Abb. 10 und 11, spannt man das eine Ende des Probestabes fest ein; das andre freie Ende wird nach dem Verfahren des Summers durch ein elektrisches Kraftfeld in Biegungs- oder Drehschwingungen versetzt. Das Kraftfeld wird von außen durch einen am Stabende angebrachten Kontakt als Stromunterbrecher gesteuert. Die Schwingungsfrequenz richtet sich nach der Eigenschwingungszahl des Probestabes, die Amplitude ist mit den Kontakten des Unterbrechers einstellbar. Beim Versuch wird die Zahl der Schwingungen bis zum Bruch gemessen und die Erwärmung des Stabes beobachtet.

Bei einer weiteren Drehschwingungsmaschine, Abb. 12 bis 15, ist der in Kugellagern wagerecht gelagerte Probestab an einem Ende mit einer Schwungscheibe von verhältnismäßig großem Trägheitsmoment ausgerüstet. Der Probestab wird am andern Ende durch ein elektrisch angetriebenes Kurbelgetriebe in oszillierende Drehschwingungen versetzt, deren Frequenz der Eigenschwingung des gesamten mechanischen Systems entspricht (Resonanzverfahren). Die dieser Eigenschwingungszahl entsprechende Drehzahl des Antriebmotors wird selbsttätig geregelt. Zur Einstellung des Verdrehungswinkels ist an der Schwungscheibe eine verstellbare Wasserbremse eingebaut, außerdem läßt sich die Exzentrizität der antreibenden Kurbel verändern; der Verdrehungswinkel (Schwingungsausschlag) wird an einer auf dem Umfang der Schwungscheibe angebrachten Dreieckteilung gemessen. Aus der Größe dieses Winkels und dem Gleitmodul des Werkstoffes berechnet sich die Schubbeanspruchung des Probestabes.

Die beim Versuch zugeführte Energie wird z. T. durch die Bremse vernichtet, z. T. durch Dämpfungsarbeit vom Probestab aufgenommen und in dem Maß in ihm in Wärme umgewandelt, wie je nach der Höhe der auftretenden Schubspannungen unelastische Formänderungen auftreten. Die Temperatur des Stabes mißt man mittels dreier Thermoelemente, die an verschiedenen Stellen des zylindrischen Stabteiles angebracht sind, mit Millivoltmeter.

Die Versuchsausführung spielt sich folgendermaßen ab: Zunächst wird ein Stab mit bestimmter Beanspruchung einer großen Zahl Schwingungen unterworfen; dann wird derselbe Stab bei einer höheren Beanspruchung bis zu der gleichen Anzahl Schwingungen geprüft. Die Beanspruchung steigert man stufenweise weiter, bis der Stab bricht. Als Dauerfestigkeit wird die Beanspruchung zwischen der vorletzten und letzten Spannungsstufe angesehen. Infolge der Wechselbeanspruchung tritt eine Erwärmung im Stabschaft auf, die in folgender Weise zur Messung der Dämpfung benutzt wird. Bei jeder Belastungsstufe wird die Erwärmung gemessen.

[2]) Neuerdings ist von der Herstellerin der Maschine ein abgeändertes Prüfverfahren ausgebildet worden; „Stahl und Eisen“ Bd. 48 (1928) Nr. 43 S. 1505.

Abb. 9
Dauerversuchsmaschine für Biegungsschwingungen, Bauart MAN.

Abb. 11
Drehschwingungsmaschine (s. a. Abb. 10).

Abb. 12
Drehschwingungsmaschine, Bauart Föppl-Busemann (s. a. Abb. 13 bis 15).

Abb. 16
Universalprüfmaschine für Wechselbeanspruchung, Bauart Losenhausen (s. a. Abb. 17).

Diese nimmt zunächst zu, bis Gleichgewicht zwischen Wärmezufuhr und -abfuhr eintritt. Zu diesem Zeitpunkt wird die Maschine angehalten und der Wärmeabfall des mittleren Stabteiles nach der Zeit aufgenommen. Aus der Temperaturabnahme in der Sekunde und der Wärmekapazität des Werkstoffes ergibt sich die sekundlich abgeführte Wärmemenge, die in mechanische Energie umgerechnet und, auf die Volumeinheit und eine Schwingung bezogen, die Dämpfung des Werkstoffes ergibt. Als Dämpfungswert ist praktisch die Dämpfung bei der Dauerfestigkeit von besonderer Bedeutung. Die Dauerfestigkeit und der Dämpfungswert dienen als Maßstab für die Beurteilung des Werkstoffes.

Einzuwenden ist gegen die Versuchsausführung, daß beim ersten Abschnitt derselbe Stab immer wieder verwendet wird, so daß er zum Schluß nicht mehr dieselben Eigenschaften haben dürfte wie zu Anfang; ferner scheint die Auswertung des zweiten Versuchsabschnittes für praktische Zwecke nicht einfach genug.

Die Universalprüfmaschine für Wechselbeanspruchung, Abb. 16 und 17, treibt ein Druckluftzylinder an, der durch einen Kompressor gespeist wird. Die Hubbewegung der Kolbenstange wird sowohl zur Erzeugung der Durchbiegung eines an beiden Enden unter Zugspannungen eingespannten Probestückes *a*, als auch zum Antrieb einer oszillierenden Schwungmasse benutzt. Die Zugspannung des Probestückes wird durch zwei Schraubenspindeln *b* bewirkt, mit denen die Einspannköpfe des Probestückes in seiner Längsachse verschoben werden. Die Zugbelastung selbst wird durch eine mit dem einen Einspannkopf verbundene Meßdose gemessen.

Beim Inbetriebsetzen der Maschine unter einer bestimmten Anfangszugspannung stellt sich je nach der Eigenschwingungszahl des Probestückes, des elastischen Antriebsorganes und der Masse der bewegten Teile eine Resonanzschwingung des gesamten Systems selbsttätig ein, die durch Regelung der Druckluftzufuhr geändert werden kann. Gleichzeitig ändert sich auch die Amplitude der Schwingung des Probestückes, die man nach den Manometern der Meßdose verfolgen und einstellen kann. Auf der Werkstoffschau war als Versuchsstück ein Drahtseil gewählt, bei dessen Prüfung die Wirkungsweise der Maschine deutlich in die Erscheinung trat. Außer beiderseits eingespannten Versuchsstücken können die Versuche auch an einseitig eingespannten Probestäben vorgenommen werden. Als Wertmaßstab gilt die Zahl der Schwingungen bis zum Bruch.

Die Maschine scheint für Dauerversuche mit Konstruktionsteilen, wie Seilen, Niet- und Schweißverbindungen, geeignet zu sein.

Zur Durchführung von Dauerbiegungsversuchen an Blattfedern, insbesondere für Eisenbahnfahrzeuge dient eine Einrichtung, in der die an den Enden gelenkig gelagerte Blattfeder durch einen elektrisch betätigten Exzenterantrieb mit rd. 60 Hüben in 1 min gegen ein mit einer Druckmeßvorrichtung ausgerüstetes Widerlager gedrückt wird. Hierdurch werden Durchbiegungen bestimmter, mit der Steuerung des Exzenterantriebes einstellbarer Größe in der Feder hervorgerufen, die die praktische Beanspruchung der Feder im Betriebe nachahmen. Die Druckkräfte können bis 40 000 kg gesteigert werden und die Durchbiegungen bis zu 200 mm. Die Prüfmaschine soll hauptsächlich zur Erforschung des Verhaltens von Federn verschiedener Herstellungsart bei betriebsmäßiger Beanspruchung dienen[3]).

Der Pulsator, Abb. 18 und 19, ist eine Antriebvorrichtung für normale, mittels Druckwassers betätigte Maschinen, mit der bei bestimmten Zug-, Druck- oder Biegebeanspruchungen des Probestabes Zusatzschwingungen auf diesen ausgeübt werden können. Der Antrieb besteht aus einer elektrisch betriebenen Pumpe, von der die Druckflüssigkeit durch besonders gesteuerte Ventile dem Maschinenzylinder zugeleitet wird. Die Schwingungsfrequenz kann von 0 bis 500 Per./min geändert werden. Die Belastungsgrenzen werden an einer Lastanzeige beobachtet.

[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1521.

Abb. 13 bis 15
Drehschwingungsmaschine nach Abb. 12.

Abb. 17
Universalprüfmaschine nach Abb. 16.
a Probe *b* Spannvorrichtung

Abb. 18
Pulsator, Bauart Amsler (s. a. Abb. 19).

Abb. 19. Pulsator für Dauerversuche.

a Probe
b Zusatzpumpe
c Druckanzeige
d Antrieb
e Pulsator
f fester Zylinder
g schwenkbarer Zylinder
h Meßkolben

Die Fülle der auf der Werkstoffschau 1927 vereinigten Prüfeinrichtungen, die in den hier veröffentlichten Abhandlungen[4]) noch nicht völlig zum Ausdruck kommt, weil zur Erleichterung der Übersicht nur Beispiele der verschiedenen Vorrichtungen gebracht sind, dürfte auch den Fernerstehenden die im Eingang ausgesprochene Ansicht bestätigen, daß es erwünscht ist, die Einrichtungen nicht noch vielseitiger auszugestalten. Nach unsrer Ansicht dürfte eine Vereinfachung und Vereinheitlichung der Hilfsmittel in der Werkstoffprüfung im allgemeinen ein Gewinn sein.

[4]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 34 S. 1173 und Nr. 43 S. 1541.

[B 1468 c]

Über Werkstoffe mit hoher Anfangspermeabilität

Nachdem früher bereits vor allem aus rein wissenschaftlichen Gründen die Anfangspermeabilität ferromagnetischer Stoffe, d. h. ihre Magnetisierbarkeit bei sehr geringen Feldstärken in der Reichsanstalt einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden war, sind diese Untersuchungen jetzt wieder in erweitertem Umfang von Gumlich, Steinhaus, Kußmann und Scharnow[1]) aufgenommen worden, da die Verwendung der Anfangspermeabilität beim Bau von Telegraphen- und Telephonkabeln (Pupinspulen und Krarupwicklungen) auch praktische Aufgaben stellte. Für solche Zwecke muß der Werkstoff mit einer hohen Anfangspermeabilität, die über einen erheblichen Feldstärkenbereich möglichst gleich groß bleiben soll, auch einen geringen Hysterese- und Wirbelstromverlust verbinden; Bedingungen, die sich zum Teil unmittelbar widersprechen und daher gewisse Zugeständnisse erfordern.

Da die früheren Versuche gezeigt hatten, daß die Anfangspermeabilität des Eisens mit wachsender Reinheit zunimmt und Zusätze von Si, Al und dergl. günstig wirken, so wurden zunächst diese Versuche mit besonders reinen, im Vakuum geschmolzenen Werkstoffen fortgesetzt. Vor der magnetischen Messung wurden die Stäbe (33 cm Länge und 0,6 cm Dmr.) einem geeigneten thermischen Verfahren unterzogen, das entweder aus einem mehrstündigen Glühen bei Temperaturen zwischen 700 und 900 ° und langsamem Abkühlen oder einem kurzen Glühen bei 930 ° und darauffolgendem raschen Abkühlen (Kurzverfahren) bestand. Es ergab sich, daß auch bei reinem Eisen die Werte der Anfangspermeabilität durch geeignete Behandlung bis auf $\mu_0 = 640$ gesteigert werden konnten, daß aber diese Werte von Legierungen mit kleinen Zusätzen von Mn, Al und besonders von Si weit übertroffen wurden, so daß z. B. eine Legierung mit 0,5 vH Si einen Wert von $\mu_0 = 2000$ bei einer Koerzitivkraft von 0,23 erreichte. Bei höheren Zusätzen nehmen die Höchstwerte wieder ab. Die Hysteresisschleife der besten Werkstoffe steigt außerordentlich steil an; die Permeabilität erreichte etwa den Wert $\mu = 22\,000$.

Die weiteren Untersuchungen erstreckten sich auf Eisen-Nickel-Legierungen mit einem Nickelgehalt von 30 bis 100 vH, deren hohe Anfangspermeabilität von geradezu besonderer technischer Bedeutung ist. Die Probestäbe enthielten der besseren Bearbeitbarkeit wegen einen Zusatz von 1 bis 2 vH Mangan. Bei diesen Versuchen zeigte sich eine sehr starke Abhängigkeit des Wertes der Anfangspermeabilität von der thermischen Behandlung, namentlich von der Abkühlgeschwindigkeit. Trägt man die μ_0-Werte in Abhängigkeit vom Nickelgehalt auf, so zeigt die Kurve nach langsamer Abkühlung von 900 ° einen Höchstwert von etwa $\mu_0 = 3000$ bei 50 bis 60 vH Nickel. Von dort fällt die Kurve bis zu 100 vH Ni auf $\mu_0 = 240$ ab, wird jedoch bei 78 vH Ni (beim Permalloy) durch einen kleinen Anstieg mit einem Höchstwert von $\mu_0 = 2000$ unterbrochen. Bei rascher Abkühlung von Temperaturen zwischen 600 und 930 ° ergab sich dagegen eine μ_0-Kurve, die zwischen 50 und 60 vH Ni keinen Höchstwert aufwies, sondern nur eine geringe Einbuchtung, um in außerordentlich steilem Anstieg bei 78 vH Ni Werte von 8 bis 10 000 zu erreichen, um dann steil zu den Werten des reinen Nickels abzufallen. Als geeignetste thermische Behandlung erwies sich das oben erwähnte Kurzverfahren. Bei der Aufnahme der Magnetisierungskurven zeigte sich, daß diese Legierungen bei einer Feldstärke von 50 bis 100 Gauß bereits praktisch gesättigt waren gegenüber einer Feldstärke von etwa 2000 Gauß bei reinem Eisen. Der Höchstwert der Permeabilität erreichte hierbei 70 bis 80 000.

Für weitere Versuche wurden ganz reine Eisen-Nickel-Proben hergestellt; zunächst ohne, dann mit steigendem Mangangehalt. Bei ihrer Untersuchung betreffs der Abhängigkeit der μ_0-Werte von der thermischen Behandlung ergab sich, daß ein erheblicher Mn-Zusatz den Unterschied zwischen langsamer und rascher Abkühlung immer mehr zum Verschwinden bringt.

Um nun den eigenartigen Verlauf der μ_0-Kurve nach langsamer und rascher Abkühlung zu erklären, wurde zunächst die Annahme gemacht, daß es sich um die Bildung von zwei Verbindungen FeNi und $FeNi_3$ oder $FeNi_4$ handelt, von denen die erstere auch nach langsamer Abkühlung bei Zimmertemperatur noch existenzfähig ist, die zweite dagegen nur nach rascher Abkühlung (vergl. den Martensit); doch konnte diese Vermutung durch röntgenographische Untersuchungen sowie durch Messungen der Magnetostriktion, der elektrischen Leitfähigkeit und der thermischen Ausdehnung[2]) nicht bestätigt werden, so daß eine Erklärung für diese eigenartige Erscheinung noch aussteht. [N 2212]

Berlin A. Schulze

[1]) „Elektr. Nachr.-Technik" Bd. 5 (1928) Nr. 2 S. 83.

[2]) A. Schulze, Z. f. techn. Phys. Bd. 8 (1927) S. 496, Physik. Zeitschr. Bd. 28 (1927) S. 669, Z. f. Phys. Bd. 50 (1928) S. 448.

RUNDSCHAU

Metallkunde

Gase in Metallen

Hauptversammlung der deutschen Gesellschaft für Metallkunde, Dortmund, vom 23. bis 26. Juni 1928.

Der erste Tag der Hauptversammlung war dem Thema: Gase in Metallen, gewidmet.

Als erster Redner dieser Vortragsreihe erörterte Prof. Dr. Sieverts, Jena, die

physikalisch-chemischen Untersuchungen über die Aufnahme von Gasen durch Metalle.

Der Zweck dieser Untersuchungen war die für die Praxis wichtige Feststellung, welche Gasmengen bei verschiedenem Druck (*p*) und verschiedener Temperatur (*t*) von einer bestimmten Gewichtsmenge Metall aufgenommen werden. Als zweckmäßigste Einheit hat sich die Angabe des von einem Volumen Metall gelösten Volumen Gases erwiesen. Die zeichnerische Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchungen wird durch die Isobaren (*p* konstant) und die Isothermen (*t* konstant) gekennzeichnet. In erster Linie war das Verhalten des Wasserstoffes Gegenstand physikalisch-chemischer Untersuchungen gewesen. Dann folgten Sauerstoff, Stickstoff und Edelgase. Als wichtigstes der nicht-elementaren Gase ist das Kohlenoxyd zu nennen, dessen Aufnahme durch Metalle jedoch noch umstritten ist. Hingegen ist das Verhalten von Schwefeldioxyd in flüssigem Kupfer weitgehend erforscht worden.

Das allgemein bekannteste Beispiel einer Gasabgabe tritt beim sogenannten Spratzen des Silbers in die Erscheinung. Das Spratzen wurde bereits 1819 darauf zurückgeführt, daß flüssiges Silber den Sauerstoff reichlich aufnimmt und ihn beim Erstarren wieder abgibt. Die neueren Untersuchungen bestätigten die alte Feststellung, daß ein Volumen Silber beim Erreichen seines Schmelzpunktes rd. 23 Volumen Sauerstoff löst. Die Löslichkeit ist der Quadratwurzel aus dem Druck verhältnisgleich und nimmt mit steigender Temperatur wieder ab. Beim Erstarren wird fast der gesamte Sauerstoff abgegeben. Die Erscheinung des Spratzens zeigen ferner Platin und Palladium. Auch hier wird als Ursache die Sauerstoffaufnahme angesehen. Die Löslichkeit der Oxyde in Metallen ist bisher noch sehr wenig Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Besondere Wichtigkeit hat das System Kupferoxydul – Kupfer. Mit sehr vielen Metallen bildet Stickstoff die Nitride. Die Löslichkeit dieser Nitride in den Metallen ist noch wenig geklärt. Bekannt sind aber die Beziehungen des Stickstoffes zum Eisen, wobei das pulverförmige Eisen besonders merkwürdige Erscheinungen darbietet.

Die Edelgase sind nach den bisherigen Forschungen in allen Metallen praktisch unlöslich. Sie dienen daher als Vergleichsgase. Eine bekannte und in der Praxis sich sehr unangenehm auswirkende Erscheinung ist die Löslichkeit des Schwefeldioxydes in flüssigem Kupfer. Die Löslichkeit wächst bei 1500 ° bis auf 29 Volumen. Auch hier ist die Löslichkeit der Quadratwurzel aus dem Gasdruck verhältnisgleich.

Wasserstoff wird von allen Elementen aufgenommen. Er bildet die Hydride, und zwar unterscheidet man salzartige, halbmetallische, metallische und flüchtige. Metallische Hydride finden wir u. a. beim Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer, Palladium, Silber, Platin und Gold. Sehr wenig bekannt ist über die Beziehung des Aluminiums und Berylliums zum Wasserstoff. So nimmt Aluminium bei 670 ° etwa 0,05 Volumen Wasserstoff auf. Die Lösungsgeschwindigkeit ist hier sehr gering und die Einstellung des Temperaturgleichgewichts dauert tagelang. Eingehend untersucht ist dagegen das Verhalten der Metalle Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer und Platin. Diese Metalle bilden mit Wasserstoff in geringer Menge feste Lösungen, ohne ihre metallischen Eigenschaften aufzugeben. Die Löslichkeit steigt mit der Temperatur, nimmt beim Schmelzpunkt sprungweise zu und wächst dann weiter kontinuierlich. Sie ist immer der Quadratwurzel aus dem Druck verhältnisgleich. Die Abgabe des Wasserstoffs bei langsamem Abkühlen ist fast vollständig. Wird Eisen bei 900 ° abgeschreckt, so wird der Wasserstoff zurückgehalten und ist die Ursache der von E. Heyn festgestellten Beizbrüchigkeit des Eisens. Zu Schwierigkeiten in der Praxis hat auch die Wasserstoffkrankheit des Kupfers geführt, die von Heyn und Bauer in ihren Ursachen erforscht worden ist. Ein außerordentlich hohes Lösungsvermögen für Wasserstoff hat das Palladium. Dieses löst bei 20 ° bereits 670 bis 800 Volumen Wasserstoff. Beim Schmelzpunkte findet eine sprungweise Abnahme der Löslichkeit statt. Ähnliche Eigenschaften wie das Palladium zeigen die seltenen Erdmetalle und die Elemente Titan und Vanadium.

Anschließend an diese Ausführungen besprach Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund,

die technologische Bedeutung der Gase in den Metallen.

Der Vortragende versteht darunter den Einfluß, den die in irgendeiner Form im Metall eingeschlossenen oder aufgenommenen Gase auf die Verarbeitung und Verwendung der Werkstoffe haben. Die Metalle können schon bei der Herstellung Gase aufnehmen. Am bekanntesten sind hier die Verhältnisse beim Silber, Kupfer, Nickel und Eisen. In den meisten Fällen werden gasförmige Brennstoffe, atmosphärische Luft, Verbrennungsgase oder deren Gemische mit dem Metall in Berührung kommen. Jedoch kann im Metall auch noch die Art des hineingelangten Gases durch Umsetzungen sich ändern, und, wie Dr. Schulz ausführte, bietet der Stahl hierfür ein kennzeichnendes Beispiel.

Technologisch ist zunächst das sprunghafte Freiwerden der Gase infolge Temperaturerniedrigung bei der Erstarrung zu betrachten. Das Volumen des Gases vergrößert sich beim Freiwerden um ein vielfaches; es entstehen Blasen oder Poren und in bestimmten Fällen treten auch noch besonders kennzeichnende Erscheinungen auf. Erwähnt sei das Spratzen des Silbers, das eine Zerstörung der Oberfläche nach sich zieht. Gasblasen im Metall können auch bei großen Stücken nachteilige Schwächungen der gegossenen Werkstücke zur Folge haben. Ein besonders bemerkenswerter Fall ist von Prof. Guertler in der Zeitschrift für Metallkunde Bd. 20 (1928) Nr. 3 S. 111 bei einem Gärbottich aus Aluminium beschrieben worden. Beim Walzen können die Gasblasen weitgehend zusammengedrückt werden.

Durch Zusetzen bestimmter Metalle kann das Spratzen der Metalle verhindert werden, so z. B. beim Silber durch einen Kupferzusatz, bei Stahl durch Zusatz von Silizium, Aluminium oder Titan. Jedoch haben im letzten Falle die Zusätze gewisse andere Nachteile.

Das beste Mittel zur Vermeidung der schädlichen Blasen im Werkstoff wäre nach Ansicht von Schulz ein Verfahren, das die Gase beim Schmelzen erst nicht in das Metall hineingelangen läßt oder sie vor der Erstarrung restlos herausbringt. Im allgemeinen ist heute der Ingenieur noch darauf angewiesen, durch Zusätze die Gase in Verbindungen überzuführen, die leicht gasförmig entweichen oder in die Schlacke übergeführt werden können. Dieser Vorgang wird in der Metallkunde als Desoxydation bezeichnet und hat für die Gießerei außerordentliche Bedeutung erlangt.

Die Gase können im Metall auch als Legierungsbildner auftreten. Bei Eisen im Metall ist es besonders der Sauerstoff, der durch Oxydbildung eine sehr nachteilige Rolle spielen kann. Der Vortragende erwähnte im Verlaufe seiner Ausführungen u. a. auch die Zinnsäure in der Bronze, die die Festigkeitseigenschaften sehr benachteiligt und die Dickflüssigkeit beim Gießen erhöht. Als ungünstig bekannt ist ferner die Bildung des Kupferoxyduls. Schon geringe Mengen von Sauerstoff beeinflussen in sehr nachteiliger Weise die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers.

In der Eisenindustrie ist in den letzten Jahren die Frage des Sauerstoffes im Stahl Gegenstand umfangreicher Arbeiten gewesen. Besonders Oberhoffer hat auf diesem Gebiete gearbeitet[1]).

Von den Erscheinungen, die bei Nichteisenmetallen infolge der Gasaufnahme im Gebrauch auftreten, wurde die sogenannte Wasserstoffkrankheit des Kupfers erwähnt, deren Ursachen von E. Heyn aufgefunden worden sind. Beim Glühen von Kupfer in wasserstoffhaltiger Atmosphäre diffundiert der Wasserstoff in das Kupfer und reagiert dort mit dem Kupferoxydul unter Bildung von Wasserdampf. Dieser Wasserdampf ist im Kupfer nicht löslich, kann aus dem Metall nicht heraus und führt unweigerlich zum Aufreißen.

Gase können sich aber auch nützlich in den Metallen auswirken. Erwähnt sei die Härtung des Stahles durch Einführen von Stickstoff.

Zum Schluß kam Schulz auf die Oxydation von Metallen an der Oberfläche bei Einwirkung von Sauerstoff oder oxydierender Gase zu sprechen. Es handelt sich um die sogenannte Zunderung.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1569.

Der nächste Vortrag von Dr.-Ing. W. Hessenbruch, Bochum, behandelte neuzeitliche Verfahren zur Untersuchung der Gase in Metallen. Diese Verfahren passen sich, wie Hessenbruch ausführte, den verschiedenen Formen (Gasblasen, feste Lösungen, Verbindungen) an, in denen die Gase in den erstarrten Metallen vorhanden sind. Die in Gasblasen enthaltenen Gase wurden zuerst durch Zerspanen des Metalles unter Wasser oder Öl bestimmt. Man ist jedoch von diesen Verfahren abgekommen und bedient sich der metallographischen Untersuchung des Werkstoffes in ungeätztem Zustand mit anschließender Planimetrierung. Besonders angewandt wird dieses Verfahren bei der Bestimmung von Kupferoxydul im Kupfer. Sind die Gase in fester Lösung vorhanden, so werden sie beim Auflösen der Blasen in Salzsäure oder beim Schmelzen im Vakuum frei und können dann bestimmt werden. In gewissen Fällen müssen die Gase durch Reduktion im trockenen Wasserstoffstrom von 1100 und 1200° freigemacht werden.

Über schädliche und nützliche Wirkungen der Gase im Stahl berichtete Dr.-Ing. F. Rapatz, Büderich, und zwar besprach er die Beziehungen zwischen Sauerstoff und Härtbarkeit, den Einfluß des Stickstoffes auf die Oberflächenhärtung und schließlich den Einfluß der Gase auf die Primärkristallisation.

Sonderfragen auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle behandelte J. Czochralski, Frankfurt a. M.

Häufig können beim Erstarren von Metallen Unregelmäßigkeiten beobachtet werden, derart, daß der metallische Querschnitt von Poren oder Blasen durchsetzt erscheint. Diese Bildungen stehen mit der Zusammenziehung des Metalles beim Erstarren im Zusammenhang. Häufig sind nun diese Porenräume bis zu einem gewissen Grade gasverdünnt, ebensogut können sie aber auch erhebliche Gasmengen einschließen, die unter hohem Überdruck stehen. Die Vakuumporen (Vakuolen) sind von den Gasblasen (Gasuolen) von vornherein zu unterscheiden. Beide Erscheinungen stehen mit dem örtlichen Verlauf der Erstarrung im engen Zusammenhang, derart, daß entweder ein Nachfließen der Schmelze verhindert wird, oder aber ein Entweichen der Gase aus der Schmelze nicht erfolgen kann.

Die Ausbildung von Vakuolen und Gasuolen ist im wesentlichen neben dem Gasgehalt von der Größe und der Anordnung der Steiger abhängig. Durch Beheizung des Gußtrichters wird ihre Ausbildungsmöglichkeit verringert. Wesentlich ist stets der ungehinderte Zufluß des flüssigen Metalles zum Blockinnern.

In der Regel weisen die Metalle schon im Anlieferungszustand einen gewissen Gasgehalt auf. Durch Umschmelzen kann der Gasgehalt je nach den Bedingungen verringert oder vergrößert werden. Im Vakuum erstarrte Proben sind meist reicher an Gasporen, weil bei der Vakuumerstarrung auch die letzten gelösten Anteile der Gase zur Entbindung gelangen können. Wird dahingegen für ein ungehindertes Entweichen der Gasanteile gesorgt, so erweist sich das im Vakuum erstarrte Metall, von Lunkerbildungen abgesehen, als völlig dicht und porenfrei. Das Auftreten von Gasporen steht beim Sandguß mit dem Feuchtigkeitsgrad der Form in keinem unmittelbaren Zusammenhang. Allzu feuchter Sand kann indes zur Ausbildung großer Dampfblasen führen, die unter Umständen im Metall verbleiben können. Die in Silizium-Aluminium-Legierungen gelösten Gase bestehen in der Hauptsache aus Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Stickstoff herrscht vor. Kohlenoxydgas ist nur selten vorzufinden. Die in den Blasenräumen herrschenden Drücke wurden von 0,2 at Unterdruck bis 6 at Überdruck festgestellt. Mit steigender Temperatur nimmt die Gasaufnahmefähigkeit beträchtlich zu. Die Löslichkeit steigt wie folgt: Kohlenoxydgas, Luft, Stickstoff, Sauerstoff, schweflige Säure, Kohlensäure, Leuchtgas, Wasserstoff.

Im großen und ganzen ist die Aufnahmefähigkeit bei Silizium-Aluminium-Legierungen etwa ein Drittel der des reinen Aluminiums. Als wesentliche Maßnahmen zur Bekämpfung des Übelstandes der Gasaufnahme ist jedwede Überhitzung der Metalle bei der Herstellung und beim Umschmelzen, ferner entsprechende Ausgestaltung der Steiger und sorgfältige Beachtung der übrigen Erstarrungsbedingungen zu bezeichnen.

Als letzter Redner sprach Dr. Rohn, Hanau, über **technische Eigenschaften vakuumgeschmolzener Metalle,** deren technische Herstellung noch im Anfang der Entwicklung steht. Die bisherigen Vorträge haben gezeigt, wie wichtig das Schmelzen und Entgasen von Metallen im Vakuum zur Aufklärung wichtiger Fragen der Metallkunde ist. Die Gedanken, die zu einer technischen Vakuumbehandlung flüssiger Metalle führten, waren Verkleinerung der Lunker, das Vermeiden von Blasenhohlräumen, das Vermeiden unerwünschter Bestandteile aus der Ofenatmosphäre wie Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd, Schwefel usw. und schließlich Verringerung des Abbrandes.

Beim Schmelzen eines auf dem üblichen technischen Wege geschmolzenen und gegossenen Metalls stellte man, wie Rohn ausführte, fest, daß die abgegebenen Gasmengen noch immer recht bedeutend sind. Die Ansicht, daß diese abgegebenen Gase bei dem üblichen Schmelzvorgang aufgenommen und in gewissem Sinne physikalisch gelöst worden sind, hat sich nicht als zu Recht bestehend erwiesen. Diese Gasmengen kommen vielmehr in den meisten Fällen von Reaktionen her, die durch den ursprünglichen Schmelzvorgang eingeleitet, aber nicht beendet worden sind. Unter dem Einfluß des Vakuums beginnen sie erneut und vollständig abzulaufen. Der auf diese Weise erreichte vollständigere Reaktionsverlauf dürfte es ermöglichen, Legierungen qualitativ zu verbessern.

Zu den Gasen, die durch Schmelzen im Vakuum aus Stählen und Metallen entbunden werden, gehört vor allem Wasserstoff. Dieser stammt zum größten Teil aus den sogenannten Zustellungsstoffen des Schmelzofens, die mit dem flüssigen Metall unter Bildung von Oxyd und Wasserstoff reagieren. Daher war eine Grundbedingung für die erfolgreiche technische Durchführung des Vakuumschmelzens die vollkommen trockene Herstellung der Zustellungsstoffe. Glücklicherweise gelang es, Herdstoffe zu finden, die trocken als rieselfähiger Sand in den Ofen gebracht werden können und erst im Verlaufe der ersten Schmelzung zu einem festen Herde zusammensintern. Die Ofenherde erweisen sich als erheblich widerstandfähiger gegenüber dem Wechsel von kalt und warm als die auf üblichem Wege gestampften Herde. Erst dadurch gelang es, das Vakuumschmelzen mit einem gewissen technischen und wirtschaftlichen Erfolg durchzuführen.

Das Schmelzen im Vakuum geschieht ohne Abbrand und ohne Verschlackung, d. h. man kann z. B. durch Schmelzen im Vakuum Unedelmetallegierungen mit gleicher Genauigkeit der Zusammenstellung herstellen wie Edelmetallegierungen. Dies gestattete, Legierungen für Thermoelemente stets übereinstimmend und austauschbar auch aus Unedelmetallen herzustellen. Ein Umstand, der sich bei der Platinknappheit im Jahre 1917 besonders günstig auswirkte. Zu dieser Zeit konnten zwei ternäre Chrom-Nickel-Kobalt-Legierungen gefunden werden, deren Thermokraftkurve fast vollkommen mit der der Platin-Rhodium-Thermoelemente übereinstimmte. Tausende von Meßgeräten für Platin-Rhodium-Thermoelemente konnten daher unverändert beibehalten werden.

Eine andre Anwendung ergibt sich für Hochvakuumröhren, wie z. B. Senderöhren, Verstärkerröhren, Röntgenröhren u. ä. m., da die im Vakuum geschmolzenen Metalle auch beim nachfolgenden Walzen und Ziehen wie besonders beim Glühen keine merkbaren Gasmengen wieder in den Kern des Metalles aufnehmen. Auch für die Stromzuführungen in Glühlampen haben sich die gasfreien, vakuumgeschmolzenen Metalle besonders bewährt. Im Jahre 1918 konnte an Stelle des Kupfers für Geschoßführungsringe weicher Flußstahl, der im Vakuum einmal umgeschmolzen worden war, verwendet werden.

Desoxydationsmittel sind beim Schmelzen im Vakuum nicht notwendig; dieser Umstand ist für Legierungen mit großer Genauigkeit in der Zusammensetzung von besonderer Bedeutung. Die in der Praxis unangenehm empfundene Wasserstoffkrankheit des Kupfers tritt bei Kupfer, das im Vakuum verschmolzen wurde, nicht auf. Auch zeigt im Vakuum geschmolzenes Elektrolytkupfer eine 1 bis 2 vH höhere elektrische Leitfähigkeit als gewöhnliches Elektrolytkupfer.

Die unter Vakuum eingeschmolzenen Legierungen zeigen zum Teil Verarbeitungsmöglichkeiten, die bei den nach dem gebräuchlichen Schmelzverfahren erzeugten Legierungen nicht möglich sind. Hierzu gehören ferner Legierungen mit ganz besonders günstigem Verhalten gegen Korrosion (Ni-Cr-Mo oder Ni-Cr-W). Fortschritte erhofft man sich auch von der Anwendung des Hochfrequenzofens.

Hinsichtlich der technischen Entwicklung des Vakuumschmelzverfahrens seien folgende Zahlen genannt. Im Jahre 1917 wurden Schmelzleistungen von 2 bis 4 bis 6 kg für eine Beschickung erreicht, während im Jahre 1925 der erste Ofen mit einer Beschickung von 4 t in Betrieb kam. Die Kosten des Vakuumschmelzverfahrens sind jetzt auf etwa der doppelten Höhe des Tiegelzementstahles angelangt. Für größere Ofeneinheiten als 4 t hat Bedarf bisher nicht vorgelegen. Wie Rohn angab, sind jedoch die erprobten Konstruktionen ohne weiteres vergrößerungsfähig, so daß Vakuumschmelzöfen für Beschickungen von 30 bis 40 t und 1750° Temperatur ohne weiteres betriebsicher gebaut werden können.

Der zweite Verhandlungstag brachte die eingehende Erörterung einer Reihe von augenblicklich im Brennpunkt des Interesses stehenden Tagesfragen, der dritte Tag den Besuch verschiedener großer Werke der Eisen- und Nichteisenmetallindustrie. [N 2202] Wolf

Gießereiwesen

Der Brackelsbergsche Kohlenstaub-Trommelofen

In einer Arbeit über Gattierungs-, Schmelz- und Glühkosten für hochwertigen Temperguß von Dr.-Ing. Rudolf Stotz[1]) werden für die üblichen Herstellungsarten von Temperguß die Einsatz-, Schmelz- und Glühkosten nach Angaben aus der Praxis nach einem bestimmten Schema berechnet und miteinander verglichen. Bei dem Vergleich über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Erzeugungsmöglichkeiten von hochwertigem Temperguß erkennt man, daß das Tiegelschmelzverfahren bei mäßigem Umsatz die geringsten Anlagekosten erfordert, aber die größten Betriebskosten verursacht. Auch das Schmelzen im Trommelofenfeuer ist heutzutage ein besonders teures Schmelzverfahren, da der Preis des Heizöls gegenüber der Vorkriegszeit um etwa das Vierfache gestiegen ist. Das gleiche gilt von dem Schmelzen im Elektroofen, solange der Strompreis nicht wesentlich unter 3 ₰/kWh heruntergeht.

Abb. 1 bis **3** Schema einer Brackelsbergschen Doppelofenanlage mit Winderhitzung und Flugaschenfang.

Der Einsatz des Siemens-Martin-Ofens ist ebenso wie der des Öltrommelofens das teuerste aller Schmelzverfahren, da in diesem Ofen mit starkem Luftüberschuß geschmolzen wird und wegen dieser starken Oxydationswirkung so gut wie kein Schmiedeisenschrott eingesetzt werden kann, damit der Kohlenstoffgehalt der Schmelze nicht unzulässig tief sinkt. Der Siemens-Martin-Ofen weist jedoch den großen Vorteil auf, auch Stahlguß oder hochwertigen Grauguß erschmelzen zu können, wodurch die Gestehungskosten für den Temperguß noch mehr gesenkt werden können. Die Schmelzkosten des gewöhnlichen Kohlenflammofens, der hauptsächlich in Amerika angewendet wird, entsprechen etwa denen des Siemens-Martin-Ofens, wobei aber die Möglichkeit der Erzeugung von Stahlguß wegfällt; dafür bietet sich jedoch der Vorteil, daß der Ofen keine Wartung braucht.

Das in Deutschland weitaus am meisten benutzte Schmelzverfahren ist das mittels Kuppelofens. Hierbei ist es den Tempergießern im Laufe der letzten Jahre gelungen, Festigkeitseigenschaften zu erreichen, wie man sie vor einigen Jahren kaum für möglich gehalten hätte.

Stotz geht dann auf ein neues Schmelzverfahren mittels Kohlenstaub ein, das im Laufe der letzten zwei Jahre die Firma J. D. Brackelsberg, Milspe (Westfalen), entwickelt hat und scheinbar einschneidende Änderungen technischer und wirtschaftlicher Hinsicht bezüglich der Gußherstellung bewirkt. Auf diese Weise ist es möglich, bei billigstem Einsatz hochwertigen Temperguß zu einem Preise zu erschmelzen, der wesentlich niedriger als die früheren Schmelzkosten des Kuppelofens liegt.

Abb. 1 bis 3 zeigen, wie man die Abhitze bei einer Doppelofenanlage zum Vorwärmen der Gebläseluft ausnutzen und die Flugasche hinter dem Ofen niederschlagen kann. Der Ofen ist als wagerecht auf Rollen liegende Trommel ausgebildet, auf deren einer Stirnseite man in der Mitte den Kohlenstaubbrenner eingebaut hat. Die Flamme streicht wagerecht durch den Ofen und schlägt in der Mitte der andern Stirnseite heraus, Abb. 4 und 5, wobei der größte Teil der Asche mitgerissen wird und sich hinter dem Ofen als Sand ansammelt. Die Regelung der Flamme ist äußerst einfach, so daß der Ofen nur eine geringe Wartung braucht. Die Trommel wird in dauernde Drehung versetzt und erhält während des Einschmelzens drei Umdrehungen nach der einen, dann 30 Umdrehungen nach der andern Seite, wodurch man die günstige Wirkung erreicht, daß das rasch auf Weißglut gebrachte Ofenfutter immer wieder unter das Eisen gebracht wird. Auf diese Weise wird es von unten erhitzt und gleichzeitig vor rascher Zerstörung infolge Abschmelzens geschützt; außerdem erreicht man eine völlige Mischung des Eisens bei geringstem Abbrand.

In einer Schnecke führt man den Kohlenstaub dem Ofen zu, so daß man den Kohlenstaub ohne jede Trocknung mit einer Feuchtigkeit bis zu 10 vH anstandslos verwenden kann. Der Staub wird mittels Winddruckes von 200 mm W.-S. eingeblasen.

Die Trommel wird mit Quarzsand ausgestampft; dieses Futter hält über 200 Schmelzen aus. Das Eisen bringt man durch die dem Brenner gegenüberliegende Stirnseite ein. Das Schmelzen von 5 t Einsatz mit etwa 5 vH billigem Schmiedeisenschrott dauert etwa 3 h; der Abbrand ist sehr gering und beträgt etwa 1 vH. Besonders auffallend ist der geringe Eisengehalt der Schlacke, da nur etwa 15 vH Eisen verschlackt wird. Die Schlacke braucht nicht, wie bei andern Flammöfen, während des Schmelzens abgezogen zu werden, da nur eine dünne Decke auf dem flüssigen Eisen vorhanden ist, die zum Schluß nach dem Eisen abgelassen wird. Durch Drehung entleert man den Ofen, wobei dann jede beliebige Menge der seitlich angebrachten Abstichöffnung entnommen werden kann.

Da das geschmolzene Eisen sich durch seine Dünnflüssigkeit, Dichte, geringen Gehalt an Gasen und Oxyden besonders auszeichnet, sind die ermittelten Festigkeitseigenschaften des Tempergusses besonders gut. So ist es möglich geworden, ohne Verwendung besonderer Legierungszusätze einen hochwertigen Temperguß herzustellen; Voraussetzung ist dabei nur, daß die üblichen Eisenbegleiter in richtigem Verhältnis zueinander stehen. Zum Schluß wird noch gezeigt, wie einschneidend deren Wirkung be-

[1]) „Die Gießerei", Bd. 15 (1928) Nr. 37 S. 905.

Abb. 4 und **5** Schema des Brackelsberg-Kohlenstaub-Trommelofens

züglich der Zugfestigkeit sein kann; hierbei sind die Schwankungen der Elemente P, Si, Mn und C innerhalb der Grenzen berücksichtigt, wie sie beim schwefel- und kohlenstoffreichen Kuppelofenguß und beim schwefel- und kohlenstoffarmen Flammofenguß vorkommen. [M 2079]

Berlin Dr. A. Schulze

Hochbau

Das erste Kugelhaus

Der Gedanke des Kugelhauses ist zum ersten Mal in der Dresdner Ausstellung „Die technische Stadt" in die Tat umgesetzt worden. Nach Entwürfen von Prof. P. Birkenstock, München, hat die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg, das in Abb. 6 dargestellte Gebäude ausgeführt. Die Eisenkonstruktion besteht aus acht senkrechten Tragpfosten, die mit Tragringen in den Geschoßebenen zu einem Tragrahmen achteckigen Grundrisses verbunden sind, Abb. 7 bis 9. Zum Ausgleich einseitiger Lasten dienen besondere Verspannungen an den Tragringen.

Der zylindrische Kugelhals von 11,5 m Dmr. und 4 m Höhe dient als Eingang und Schaufensterfront. Die daraufsitzende Kugel von 24 m Dmr. ist in fünf Geschosse aufgeteilt. Das unterste Geschoß hat durchgehenden Boden und durchgehende Decke, während die übrigen auf 6 m Dmr. innen offen sind. In dem hierdurch gebildeten offenen Schacht ist ein zylindrischer Blechmantel eingebaut, in dessen Innerem ein Aufzug die Stockwerke miteinander verbindet.

Die Außenhaut ist in Eisenblech ausgeführt, das an gebogenen Meridiansparren aus I-Eisen befestigt ist. Diese Sparren hängen mittels der Deckenträger am Tragegerüst und stützen sich auf einen kräftigen Tragring am Übergang von Kugel und Hals. Zahlreiche Schiebefenster unterbrechen die Außenhaut. Als Wärmeisolation dient im Innern Tekton mit Rabitzputz, außerdem im obersten Stockwerk eine Torfoleumzwischenlage. Am obersten Ring befindet sich außen ein Umgang mit vier Steigleitern bis zum Kugelfirst. Die eiserne Kugelschale ist außen mit Aluminiumfarbpulver gestrichen.

Die Blechverkleidung für die Außenhaut wurde aus dem Grunde gewählt, weil man während unsicherer Witterung den Bau schnell ausführen mußte. Bei größeren Bauten lassen sich natürlich ohne weiteres dauerhafte Baustoffe wie Kunststeine usw. verwenden. Außer dem Aufzug sind Treppenanlagen vorhanden, die sich trotz der gedrängten Raumverhältnisse ungezwungen und bequem gestalten ließen, Abb. 7 bis 9. Die Zwischengeschosse sind durch strahlig liegende Trennwände in 16 Räume unterteilt, die z. T. von einzelnen Ausstellern belegt waren. Im ersten Stock sind mehrere Abteilungen zu einem großen Raum ver-

Abb. 6
Das fertig eingerichtete Kugelhaus, Anfang Juni 1928, in der Dresdner Ausstellung „Die technische Stadt".

Abb. 7
Querschnitt

Abb. 8
Erstes Obergeschoß.

Abb. 9
Erdgeschoß und Zwischengeschoß.

Abb. 7 bis **9**
Querschnitt und wagerechte Schnitte durch das Kugelhaus.

einigt, wo die Herstellung von Zigaretten gezeigt wurde. Im obersten Stockwerk ist ein Kaffee untergebracht. Abb. 10 zeigt das Kugelhaus im Bau.

Ein abschließendes Urteil über die Zweckmäßigkeit des Baues von Kugelhäusern läßt sich natürlich auch nach diesem Bau nicht fällen. Die technischen und wirtschaftlichen Vorteile eines Kugelhauses ergeben sich aus seiner Form. Die Kugel ist das geometrische Gebilde, das im Verhältnis zu seinem nutzbaren Raum die geringste Oberfläche bietet. Dies bedingt an sich Ersparnisse bei der Tragkonstruktion, die sich dadurch erhöhen, daß auch die Windlast bei dieser Form geringer ist. Ersparnisse ergeben sich ferner bei der Ausfüllung der Umfassungswände infolge der kleineren Fläche.

Auch der eigentliche Zusammenbau erfordert, wie das Dresdner Beispiel bereits praktisch gezeigt hat, weniger Aufwendungen. Man kann das Bauwerk von einem feststehenden Standpunkt aus errichten, also Gerüste benutzen, die während des Baues nicht verschoben zu werden brauchen.

Auch ästhetisch macht das Dresdner Kugelhaus keinen ungünstigen Eindruck, wenn es auch noch zweifelhaft erscheint, ob es in andrer Umgebung dieselbe Wirkung ausüben wird. Hierzu muß das letzte Wort den dazu Berufenen, insbesondere den Architekten, überlassen bleiben. Noch wirkt das Kugelhaus zu sehr „konstruiert“ und widerspricht dem allgemeinen Geschmack. Bei einem einzelstehenden Gebäude inmitten eines Parkes mag die Kugelgestalt noch hingehen; ganze Reihen von Kugelhäusern müssen dagegen einen sonderlichen und phantastischen Eindruck machen und zeigen infolge des Verlustes an natürlichem Licht in den unteren Geschossen auch einen grundsätzlichen technischen Mangel; denn man kann in bewohnten Räumen die Fensterfläche nicht beliebig groß machen, sondern muß sie auch den Rücksichten der Erwärmung anpassen. [M 2064]

Berlin H. Seidel

RZ 2064 Z 5

Abb. 10
Kugelhaus im Bau. Zusammenbau der Sparren und Ringe.

Kleine Mitteilungen

Zur Geschichte der Hochdruck-Dampfanlagen

G. H. Gibson erinnert daran, daß Gustaf de Laval schon auf der Ausstellung in Stockholm im Jahre 1897 kleine in sich abgeschlossene Hochdruck-Dampfanlagen, bestehend aus einem stehenden Kessel mit Schlangenrohrverdampfer, einer Getriebe-Dampfturbine und einem Oberflächenkondensator, vorgeführt hat. Sechs derartige Anlagen in den Größen von 50 und 100 PS lieferten den Strom für die Ausstellung. Die Kessel, die mit rd. 400 at geprüft waren, haben nach den Aufzeichnungen des Wärters Betriebsdrücke von 217 und 240 at ausgehalten, die über den kritischen Drücken bei den damaligen Dampftemperaturen von 370 bis 400 ° liegen, und sind vom Frühjahr bis zum Ende des Jahres 1897 in Betrieb geblieben.

Zu der gleichen Zeit versorgten zwei ähnliche Anlagen von je 100 PS die Werkstätten der de Laval-Dampfturbinen-Gesellschaft zu Jarla, Schweden, mit Strom. Die Inbetriebnahme dieser Anlagen am 9. März 1897 bezeichnet den Zeitpunkt, in dem zum erstenmal die praktische Kraftversorgung mittels Dampf von etwa 200 at verwirklicht wurde. („Power“ 6. November 1928 S. 762*) [N 2292 a] H.

Schiebersteuerung mit unabhängiger Dampfdehnung und Vorausströmung

Diese Steuerung wurde kürzlich von Marshall, Sons & Co., Gainsborough, an einer liegenden Einzylindermaschine angebracht, die sonst bei 8,4 at Dampfdruck und 120 U/min 64 PS leistet. Die Steuerung besteht aus dem Grundschieber, dem Expansionsschieber darüber und davon unabhängigen Auslaßschiebern. Der Grundschieber steuert das Voreinströmen und wird nur beim Umsteuern verstellt. Der Expansionsschieber bestimmt die Füllung, die zwischen 0 und 75 vH geändert werden kann. Die Auslaßschieber bestimmen Vorausströmen und Verdichtung, und da sie gemeinsam mit dem Grundschieber angetrieben werden, so sind diese Vorgänge von der Füllung unabhängig. Der Antrieb der Steuerung wird, ähnlich wie bei der Heusinger-Steuerung, vom Kreuzkopf und von einem Exzenter abgenommen. Nach dem Umbau leistete die Maschine 109 PS bei 130 U/min. („Engineering“ 16. November 1928 S. 616*) [N 2292 b] Le.

Schmiedemaschine für Massenfertigung

Eine von B. and S. Massey, Ltd., Manchester, gebaute Schmiedemaschine wird mittels Exzenters von einem Elektromotor angetrieben. In dem als Zylinder ausgebohrten Bären bewegt sich der vom Exzenter angetriebene Kolben auf- und abwärts. Die Bewegung wird auf den Bär durch Öl übertragen, das sich zwischen Kolben und Zylinder befindet. Die Hubhöhe kann mittels eines Ventiles verstellt werden. Bei nur rd. 65 mm Kolbenhub können bis zu 100 Hübe in 1 min gemacht werden. Die größte senkrechte Entfernung von Ambos zu Bär beträgt 250 mm. Die Schmiedemaschine kann etwa für die gleichen Arbeiten benutzt werden wie ein mittels Dampf- oder Druckluft angetriebener Hammer von 500 bis 750 kg Bärgewicht.

In der Hauptsache werden Kraftwagenachsen von rd. 13 kg Stückgewicht aus Knüppeln geschmiedet, doch können auch andre Schmiedestücke jeder Art hergestellt werden. Zum Schmieden, Stauchen, Absetzen und Biegen sind insgesamt vier Gesenke vorhanden. Innerhalb 19 min wurden sieben Achsenblöckchen zu fertigen Achsen geschmiedet. Der gesamte Energieverbrauch in dieser Zeit betrug 3,5 kWh. Dies entspricht etwa einem Drittel der Energie, die ein Hammer mit Druckluftantrieb für die gleiche Arbeit aufwenden müßte. („The Engineer“ 16. November 1928 S. 556) [N 2292 c] St.

Englische Prüfung von Diesel-Lastkraftwagen

Der Königliche Automobil-Klub, London, hat die Berichte Nr. 670 und 671 über die amtlichen Prüfungen eines einzelnen Lastkraftwagens und eines Lastkraftwagens mit Anhänger, beide gebaut von der Mercedes-Benz-A.-G., bekanntgegeben. Der Lastzug, der bei dieser Untersuchung 82,5 km zurückgelegt hat, wog rd. 12,4 t und hatte Luftreifen, der Anhänger wog 7,75 t. Die mittlere Fahrgeschwindigkeit betrug nach Abzug der Aufenthalte rd. 12,6 km/h, der Verbrauch 0,43 l/km oder 0,0215 l/tkm, bezogen auf die Gesamtlast, oder 0,031 l/tkm, bezogen auf die Nutzlast. Zum Anlassen aus dem kalten Zustand genügte es, die Heizwicklung 30 s zu erhitzen und 10 s später auf den Knopf des elektrischen Anlassers zu drücken. Bei der zweiten Prüfung legte der Lastkraftwagen allein rd. 1100 km zurück, wobei sein Gesamtgewicht rd. 11,8 t betrug. Der Verbrauch an Brennstoff betrug 0,21 l/km, der an Schmieröl 0,004 l/km und der an Kühlwasser auf der ganzen Fahrt 7,6 l. Bei den zehn Anlaßversuchen war der Wagen im ungünstigsten Falle nach 48 s fahrbereit. Für Ausbesserungen wurden insgesamt 58 min 50 s verbraucht. Bei Zylinder 3 wurde das Brennstoffventil ausgewechselt, bei Zylinder 4 das Spiel der Ventilstössel geändert. Nach 580 km Fahrt wurden die Bremsen nachgestellt. („Motor Transport“ 1. Oktober 1928 S. 398) [N 2292 g] H.

Eisenbahnbauten in Jugoslavien

Die jugoslavische Regierung hat im laufenden Jahre den Ausbau des Eisenbahnnetzes ernstlich in Angriff genommen. Umfangreiche Arbeiten sind zur Verdoppelung der wichtigsten Strecke Jugoslaviens Belgrad — Agram im Gange. Die hierfür notwendigen Baustoffe sind teils bei inländischen, teils bei österreichischen, tschechoslowakischen und polnischen Firmen bestellt worden. Eisenkonstruktionen für Brücken und Durchlässe, sowie Schwellen und Schrauben werden vom Inland, Schienenzubehör, Weichen und Signale aus dem Ausland bezogen. Mitte April waren an den Bahnbauten rd. 8000 Arbeiter beschäftigt; zur gleichen Zeit waren 650 000 m^3 Dämme hergestellt. Die zuerst in Bau genommene Strecke Belgrad – Novska (305 km) sollte im Herbst d. J. fertiggestellt sein. Die Kosten sind mit 350 Mill. Dinar veranschlagt. Bemerkenswert ist, daß man bei dem neuen Oberbau an Stelle der bisherigen Schienen von 34 kg/m solche von rd. 42 kg/m Gewicht einbaut. Durch die Gleisverdoppelung wird die Leistungsfähigkeit auf der genannten Strecke von 24 auf 56 Züge erhöht. — Über die Wiedereröffnung der nach Rumänien führenden Linie Oravica – Vrsac – Bazias sind zwischen Jugoslavien und Rumänien Verhandlungen im Gange. Für den gegenseitigen Güteraustausch ist diese Strecke von großer Bedeutung, doch sind für ihre Wiederverwendung bedeutende Erneuerungsarbeiten erforderlich.

[E 2292 d] E. W.

Optisch-elektrische Zugsicherung mittels Selenwiderstandes

Die Eigenschaft des Selens, seinen elektrischen Widerstand mit der Lichtstärke zu verändern, findet in der Technik immer mehr Anwendung, so vor allem zur selbsttätigen Zugsicherung. Die Deutsche Reichsbahn macht damit neuerdings eingehende Versuche[1]); sie benutzt ein Verfahren, bei dem ein am Signalmast angebrachter Raumspiegel den von einer Scheinwerferlampe auf der Lokomotive ausgehenden Lichtkegel auf die ebenfalls auf der Lokomotive befindliche Selenzelle zurückwirft; die Veränderung des Widerstandes der Selenzelle, die in einen Stromkreis eingeschaltet ist, löst die Bremse aus. Es sei hiermit nur die grundsätzliche Wirkungsweise angedeutet.

[1]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 46 vom 14. November 1928.

Die englische Firma Radiovisor Parent Company wendet, nachdem es ihr gelungen ist, einen sehr empfindlichen Selenwiderstand herzustellen, folgendes Verfahren zur Zugsicherung an[2]). Sie bringt am Anfang der Blockabschnitt unmittelbar neben und zwischen den Schienen einen Scheinwerfer und einen im Lichtkegel liegenden Selenwiderstand an. Der Selenwiderstand liegt im Stromkreis des Signal des vorhergehenden Zugabschnitts. Fährt ein Zug über diese Anordnung, so trennt er den Lichtkegel des Scheinwerfers vom Selenwiderstand. Die Folge ist, daß durch Veränderung des Signalstromkreises das Signal des vorhergehenden Zugabschnitts auf „Halt“ gestellt wird. Ein nachfolgender Zug, der etwa das auf „Halt“ stehende Signal — in dieser Stellung leuchtet der zugehörige Scheinwerfer — überfährt, wird selbsttätig angehalten, indem der Lichtkegel des Scheinwerfers auf den an der Lokomotive befindlichen Selenwiderstand trifft und nun ähnlich der oben geschilderten Weise die Bremsen auslöst. [N 2292 e] Ro.

[2]) „The Engineer“ Bd. 146 (1928) S. 542.

Die selbsttätige, optisch-elektrische Ein- und Ausschaltung der Straßenbeleuchtung

ist ein Gebiet, auf dem man in Zukunft ebenfalls Selenwiderstände anwenden wird.

Die Stadt Barnes in England bedient sich bereits dieses Mittels. Hier ist ein Selenwiderstand in Reihe mit einem Relais geschaltet, derart, daß es bei eintretender Dunkelheit die Straßenbeleuchtung selbsttätig ein- und bei Tagesanbruch ausschaltet. Die Wirkungsweise beruht darauf, daß bei Tag, also geringem Widerstand des Selens das Relais in der Stellung festgehalten wird, in der der Stromkreis unterbrochen ist, mit anbrechender Dunkelheit erhöht sich der Widerstand, die elektromagnetische Kraft des Relais wird schwächer, so daß es mittels Federkraft in die Gegenstellung gebracht wird und den Lampenstromkreis schließt. („The Engineer“ 16. November 1928 S. 542*)

[N 2292 f] Ro.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Handbuch der Kokerei. Herausgeg. von Wilh. Gluud. Bearb. von G. Schneider und Fachgenossen. 2. Bd. Halle a. d. S. 1928, Wilhelm Knapp. 301 S. m. 163 Abb. Preis 34,50 *RM*.

Der nunmehr vorliegende zweite Band des Handbuches der Kokerei, dessen erster Band in dieser Zeitschrift[1]) vor einiger Zeit besprochen wurde, ist den festen, flüssigen und gasförmigen Erzeugnissen des Kokereibetriebes, und zwar der Darstellung ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung, ihrer Eigenschaften und ihrer Weiterverarbeitung gewidmet. Das Buch stellt eine mit großer Gründlichkeit und Sachkenntnis und umfassender Beherrschung des Schrifttums ausgearbeitete Behandlung des wichtigen Gegenstandes dar, so daß der Leser nicht nur eine Fülle von Belehrungen über die einzelnen Vorgänge und ihre wissenschaftlichen Grundlagen schöpfen, sondern auch wertvolle Einblicke in die verschiedenen Verbesserungsbestrebungen gewinnen kann, die sowohl auf die weitere technische Durchbildung der eingeführten Verfahren wie auch auf die Ausnutzung neuer Möglichkeiten gerichtet sind. Bedauerlich ist nur, daß über der gewaltigen Menge des zusammengetragenen Stoffes die Beherrschung und Formung dieser Stoffmasse etwas vernachlässigt worden ist. Die Verfasser treten im allgemeinen zu sehr hinter der Meinung der von ihnen angeführten Gewährsmänner zurück, so daß an vielen Stellen ein Bild entsteht, das etwa mit einer Sammlung von gerichtlichen Entscheidungen verglichen werden kann. So werden dann öfter verschiedene, sich widersprechende Ansichten von Forschern angeführt, ohne daß der Versuch eines Ausgleichs gemacht wird. Manchem Leser dürfte mit einer strafferen Linienführung besser gedient sein.

Auffällig ist die verhältnismäßig geringe Benutzung der schaubildlichen Darstellung, z. B. bei der Behandlung des entwickelten Rohgases nach Menge und Zusammensetzung in den einzelnen Zeitabschnitten, bei der Abhängigkeit des Anteilverhältnisse der einzelnen Gasbestandteile von Druck und Temperatur, bei statistischen Übersichten u. a.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1731.

Von den Abbildungen sind wohl manche photographische Wiedergaben von Außenansichten entbehrlich, da sie für das Verständnis belanglos sind, z. B. Abbildungen von Kühltürmen, von Turbogebläsen, von Reiniger- und Maschinengebäuden, von Schwefelsäure- und andern Lagerbehältern, von einer Benzolfabrik mit Kühlhalle usw. Durch Ausschaltung derartiger Abbildungen hätte sich wertvoller Raum für die zum Verständnis wichtigeren Strich- und Schnittzeichnungen gewinnen lassen.

Essen [E 2150] Fr. Herbst

Starkstromtechnik. Herausgegeben von L. Graetz. Leipzig 1928, Joh. Ambr. Barth. 457 S. m. 475 Abb. Preis 38,60 *RM*.

Dieses Buch bringt die im Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus, Band 5, des genannten Verfassers enthaltenen Abschnitte über Starkstromtechnik als Sonderausgabe.

Im Rahmen des 1. Abschnittes: „Elektrische Maschinen“, hat der 1. Teil, Gleichstrommaschinen und synchrone Wechselstrommaschinen, Dipl.-Ing. Hugo Stössinger zum Verfasser. Die Darstellung ist kurz, übersichtlich und gründlich. Bei den Wechselstrommeßgeräten ist das Weicheiseninstrument vergessen worden. Wertvoll sind die zahlreichen Literaturnachweise. Für den 2. Teil, Transformatoren, Asynchronmaschinen, zeichnet Dipl.-Ing. G. Reerink. Die theoretische Behandlung des Transformators ist gut. Auf praktischen Entwurf wird nicht eingegangen. Dasselbe gilt für die ausführlicher behandelten Asynchronmaschinen; hier werden aber wenigstens die Probleme der Frequenzwandlung und Blindleistungserzeugung besprochen. Auch der 3. Teil, Kommutatormaschinen, stammt von demselben Verfasser. Die Theorie der Drehstrom-Kommutatormaschinen ist zu kurz gefaßt.

Im 2. Abschnitt werden die Umformer von Dipl.-Ing. Max Zorn behandelt, besonders ausführlich der Einankerumformer und dessen Betriebseigenschaften.

Am besten ist der 3. Abschnitt: „Elektrische Gleichrichter“, von Dr. techn. H. Jungmichl gelungen. Hier sind die charakteristischen Eigenschaften der Quecksilbergleichrichter auf Grund von zahlreichen Literaturangaben

erläutert. Auch die Belastungsverhältnisse beim Gleichrichtertransformator und bei den Drosselspulen werden besprochen.

Der 4. Abschnitt: „Kraftwerke“, von Dipl.-Ing. J. Sessinghaus, behandelt nach kurzer Erläuterung der Grundbegriffe kurz die Gleichstromanlagen, die Drehstromanlagen mit ihren Einrichtungen, die Schaltanlagen, die Gesamtanordnung von Kraft- und Unterwerken sowie Fernleitungen und Ortsnetze.

Dem ganzen Buch haftet eine gewisse Uneinheitlichkeit an, weil jeder der Verfasser auf andre Gesichtspunkte Wert legt. Das ganze Buch kann als gute Einführung für Maschineningenieure und entwerfende Elektroingenieure empfohlen werden, die über einen gewissen Grad von mathematischen und physikalischen Kenntnissen verfügen. Ein Nachteil, den auch der Herausgeber im Vorwort erwähnt, ist der, daß fast ausschließlich Erzeugnisse der Siemens-Schuckertwerke zur Abbildung gelangen.

[E 2184] Fr. Unger

Exhaust Steam Engineering. Von Charles S. Darling. London 1928, Chapman & Hall, Ltd. 431 S. m. 214 Abb. Preis 30 sh.

Das Werk gibt einen sehr guten Überblick über die Abdampfverwertung. Da das Schrifttum auf diesem Gebiet naturgemäß in einem Lande billiger Kohlen wie in England gering ist, stützt es sich zum großen Teil auf deutsche und teilweise amerikanische Veröffentlichungen, berücksichtigt aber besonders englische Bauarten, über die in Deutschland bisher wenig bekannt wurde. Nach einer kurzen Einführung in die thermodynamischen Grundlagen werden in einer Reihe von Abschnitten die verschiedenen Dampfmaschinenbauarten, Kolbenmaschinen und Turbinen behandelt, die für Abdampfverwertung in Frage kommen. Für Gegendruckmaschinen, Entnahmemaschinen, Zweidruckturbinen, Anlagen mit Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf werden die thermischen Grundlagen entwickelt, der wirtschaftliche Anwendungsbereich und bauliche Einzelheiten werden besprochen und zahlreiche ausgeführte Anlagen an der Hand von Schaltbildern erläutert. Besonders breiten Raum nehmen die Ausführungen über die Still-Maschinen mit ihren verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten ein. Ein zweiter Teil behandelt die Speicher, vornehmlich in der Ausführung von Ruths und Rateau, während der Speiseraumspeicher nur flüchtig gestreift wird. Der letzte Abschnitt handelt von Rohrleitungen, zeigt, wie sich durch Berechnung der Druck- und Temperaturverluste der wirtschaftlichste Durchmesser bestimmen läßt und bringt insbesondere Einzelheiten über Fernleitungen von Heizkraftwerken.

Der deutsche Leser wird zwar in dem Werk kaum grundsätzlich Neues finden, für ihn ist aber die starke Betonung wirtschaftlicher Gesichtspunkte bemerkenswert, die in manchen unsrer Werke gegenüber wärmetechnischen Erwägungen stark in den Hintergrund treten.

[E 2148] Pauer

Geschichte der Goslarer Wasserwirtschaft. Von Otto Flachsbart. Goslar a. H. 1928, J. Brumby. 114 S. m. 5 Abb. Preis 4 *RM*.

Die geschichtliche Entwicklung der Wasserwirtschaft eines städtischen Gemeinwesens wird hier auf Grund sämtlicher erreichbaren Urkunden dargestellt. Der Verfasser setzt bewußt technisch-wirtschaftliche Fragen voran und richtet den Blick auf die weiteren Zusammenhänge. Er untersucht, wie die Stadt Goslar seit ihrer Entstehung ihre beiden Wasserläufe, Gose und Abzucht, für ihre Wasserversorgung und ihre Wasserkraftgewinnung nutzbar gemacht hat. Die ganze Stadt besaß schon im ausgehenden Mittelalter eine planmäßig weitgehend zusammengefaßte Wasserversorgung mit Flußwasser, im wesentlichen bestehend in einem Druckrohrnetz, dem Wasser aus der Gose zugeführt wurde. Freilich fließt hier das Wasser mit natürlichem Gefälle zu, und man brauchte nicht mit den damaligen einfachen Mitteln Pumpwerke zu errichten.

Die Wasserkraftnutzung in den vielen Mühlen war sehr ausgedehnt. Sie beruhte allerdings bis in das 19. Jahrhundert hinein auf ausschließlich erfahrungsmäßiger Grundlage. Nichtsdestoweniger ist die Goslarer Wasserkraftwirtschaft ebenso wie die Wasserversorgung nicht das Ergebnis eines Zufallspiels, sondern bewußter Nutzung gegebener Naturkräfte. In dieser Erkenntnis beruht der Wert der Flachsbartschen Untersuchungen, die einen äußerst dankenswerten Beitrag zur Geschichte der Wasserwirtschaft darstellen. Inwieweit die Wasserwirtschaft von Goslar gegenüber derjenigen andrer Städte mustergültig gewesen ist, wird man erst voll beurteilen können, wenn mehr derartige Untersuchungen vorliegen. Der Verfasser will deshalb seine Monographie nur als einen Baustein zu einer weiterreichenden Geschichte der Wasserkraftnutzung und Wasserversorgung gewertet wissen. [E 2183] Baer

Die Abschätzung des Wertes von Frachtschiffen. Von Carl Commentz. Hamburg 1927, Schroedter & Hauer. 66 S. Preis 3 *RM*.

Der Verfasser hat einen übersichtlichen Leitfaden zur Bestimmung des Wertes von Schiffen geschaffen, worin er die Ergebnisse planmäßiger Untersuchungen über die Einwirkungen technischer Zusammenhänge und der Lage des Schiffsmarktes auf den jeweiligen Schiffswert gibt und ihre Aufstellung erläutert.

Im ersten Teil bespricht er die verschiedenen Werte eines Schiffes je nach dem Zweck der Schätzung, wonach er im zweiten Teil den Einfluß der Größe, der Geschwindigkeit, des Brennstoffverbrauches, des Alters usw. auf den Preis behandelt. Der Anhang enthält Zahlentafeln und Schaulinien zur Bestimmung von Geschwindigkeiten, Leistungen usw. aus den Konstruktionszahlen der Schiffe, die am ehesten bei Wertschätzungen vollständig bekannt sind.

Für das planmäßige Verfolgen des Schiffsmarktes, das für eine genaue Kenntnis der jeweiligen Lage erforderlich ist, und zur Unterstützung bei der Abschätzung im Einzelfall, wobei eine eingehende sachkundige Besichtigung Voraussetzung ist, dürfte das Büchlein in den Kreisen der Reeder, der Versicherer, der Makler und der Sachverständigen Beachtung finden. [E 2181] Ls.

Lehr- und Handbuch über **die Papierfabrikation und deren Maschinen.** Von Friedrich Müller. 2. Bd.: Biberach-Riss 1928, Verlag des „Wochenblattes für Papierfabrikation“ Güntter-Staib. 466 S. m. 284 Abb. Preis 35 *RM*, für das Ausland 36 *RM*.

Schon der im Jahre 1926 erschienene erste Band dieses Werkes, der die Roh- und Halbstoffe sowie das Ganzzeug behandelte, fand in der Fachwelt ungeteilten Beifall. Im zweiten Bande wird die Papierfabrikation im engeren Sinne vorgeführt. Das ganze Buch lehnt sich an die Vorlesungen des Verfassers über die Papierfabrikation an der Technischen Hochschule in Darmstadt an. Es behandelt die Langsiebmaschinen, und zwar die sogenannte offene Maschine zur Herstellung von einseitig glatten Papieren, wie auch die Selbstabnahmemaschinen für Seidenpapiere. Ebenso werden die Karton- und Pappenmaschinen, die Rückgewinnung von Fasern aus den Abwässern eingehend behandelt. Ein großer Abschnitt ist der Papierausrüstung, also dem Rollen, Glätten und Schneiden des Papiers, sowie der Herstellung der Streichpapiere gewidmet. Die als Anhang dem Buch beigegebenen 22 Zahlentafeln betreffen verschiedene Zahlengrößen, die beim Studium des Buches und beim Arbeiten in der Praxis immer wieder gebraucht werden.

Schon diese kurze Inhaltsangabe mag zeigen, wie reichhaltig das Thema bearbeitet ist. Man kann das Buch als das Standardwerk der Papierfabrikation bezeichnen. Die Industrie kann den Verfasser wirklich beglückwünschen, daß er dieses Werk geschaffen hat. Zugleich mit diesem Glückwunsch soll die Hoffnung ausgesprochen werden, daß der geplante 3. Band nicht allzulange auf sich warten läßt, weil erst dann das Werk in sich abgeschlossen vorliegt.

[E 2206] Dr.-Ing. v. Laßberg

Preußische Staatsbibliothek. Verzeichnis der Handbibliothek des Großen Lesesaals. 10. Abt. **Technik.** Berlin 1928, Vertrieb durch Otto Harrassowitz, Leipzig. 42 S. Preis 1 *RM*.

Von der Preußischen Staatsbibliothek, deren Bestände auch eine große Anzahl von Ingenieuren benutzt, wird jetzt das zuletzt im Jahre 1909 erschienene Verzeichnis des Großen Lesesaals neu herausgegeben. Eine sehr angenehm empfundene Neuerung ist, daß nicht wieder ein umfangreicher Sammelband, sondern Einzelhefte für die verschiedenen Fachgebiete erscheinen werden. Das erste dieser Hefte, „Technik“, ist bereits veröffentlicht worden, und zwar der zunehmenden Bedeutung entsprechend nicht wieder als Untergruppe des Sammelgebietes „Philosophie, Pädagogik“ usw., sondern als selbständig in sich abgeschlossenes Gebiet. Die Buchtitel des Kataloges sind, entsprechend der Aufstellung der Bücher im Lesesaal, nach der dem Hauptteil voraufgehenden Systematik angeordnet, die in ihrem logischen Aufbau so übersichtlich und verständlich ist, daß mit Recht darauf verzichtet werden konnte, außer dem Verfasserverzeichnis auch noch eines nach Stichworten zu bringen. Auch die weitere Einteilung ist so klar, daß das gelegentliche Fehlen von Zwischentiteln, wie sie z. B. das „Hüttenwesen“ zeigt, die Benutzung des Kataloges in keiner Weise erschwert. Daß überdies diese Auswahl das Wichtigste der technischen Literatur in zweckmäßigster Form bringt, dafür bürgt schon die Erfahrung des Bearbeiters, Prof. Simon, des früheren Direktors der Bibliothek der Technischen Hochschule Charlottenburg. [E 2143] Lr.

Technische Fachbücher. Herausgeg. von Arnold Meyer. 5. Bd.: **Fördertechnik.** Von H. R. Müller. München 1928, C. W. Kreidel. 116 S. m. 34 Abb. Preis 2,25 RM.

Bereits vor einiger Zeit hat H. R. Müller im 8. Bande der „Technischen Fachbücher" die Hebetechnik behandelt. Bei einer solchen Teilung kann es natürlich nicht ausbleiben, daß die Grundbegriffe in beiden Büchern gleich behandelt werden. Eine solche Doppelveröffentlichung wäre auch aus dem Grunde nicht nötig, weil es noch andere billige Bücher auf diesem Gebiet gibt. [E 2179] Is.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 308. H.: **Über die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz.** Von Robert Wolff. Berlin 1928, VDI-Verlag. 25 S. m. 20 Abb. Preis 5 RM, für Mitglieder des V. d. I. 4,50 RM.

Handbuch für Eisenbetonbau. 4. Aufl. Herausgeg. von F. Emperger. 6. Bd. 2. T.: Dachbauten, Kragdächer, Schalen und Rippenkuppeln. Bearb. von H. J. Kraus und Fr. Dischinger. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 390 S. m. 584 Abb. Preis 28 RM.

Zwölf Jahre Ruhrbergbau, 1914/1925. Von Hans Spethmann. 1. Bd.: Aufstand und Ausstand bis zum zweiten Generalstreik April 1919. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 392 S. m. 19 Abb., 5 Taf. und 1 Karte. Preis 8 RM.

Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. in Zürich, 28. Bericht: **Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr.** 2. T.: Nichtmetallische Stoffe. Zürich, Juni 1928. Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. 57 S. m. 109 Abb. Preis 7,50 Fr.

Directory for the British Glass Industry. Von G. S. Duncan. Herausgeg. von W. E. S. Turner. Sheffield 1928, The Society of Glass Technology. 388 S. Preis 8 sh.

Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik 5. Bericht: **Über die Kerbschlagprobe.** Zürich, März 1927 Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. 63 S. m. 69 Abb. Preis 6,50 Fr.

Arbeit und Gesundheit. Schriftenreihe zum Reichsarbeitsblatt. Herausgeg. von Martineck. 9. H.: **Staubgefährdung und Staubschädigungen der Metallschleifer** insbesondere der des bergischen Landes. Von Teleky, Lochtkemper, Erika Rosenthal-Deussen und Derdack. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 205 S. m. Abb. Preis 14 RM.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 1. R. 23. H.: **Die Wärmeabgabe des Radiators.** Von Karl Thomas. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 26 S. m. 42 Abb. Preis 4 RM.

Textil-Literatur-Verzeichnis. Unter Mitarbeit von Krais. 2. Aufl. Herausgeg. von A. Dressel. Akademische Buchhandlung. Dresden 1928. 129 S. Preis 1 RM.

Lehrbuch der Physikalischen Chemie. Von Karl Jellinek. 2. Aufl. 2. Bd. 6. Lfg. Stuttgart 1928, Ferdinand Enke. S. 561 bis 924 m. Abb. 277 bis 384. Preis geh. 32 RM. 2. Bd. vollständig 92 RM.

Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung. Herausgeg. von Philipp Frank und Moritz Schlick. 3. Bd.: **Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit.** Von Richard von Mises. Wien 1928, Julius Springer. 189 S. Preis 9,60 RM.

Literatur der Betriebswissenschaft. Unter Mitarbeit von Oehler und Kirsch nebst Vorwort von Sachsenberg. Herausgeg. von A. Dressel. Dresden 1928, Akademische Buchhandlung. 128 S. Preis 1 RM.

25 Jahre Schwesterwerk J. M. Voith, St. Pölten. St. Pölten 1928, Selbstverlag. 88 S. m. Abb. Nicht im Buchhandel erhältlich.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Das Zeitalter des Hochdruckdampfes

Prof. Löffler hat in Nr. 29 dieser Zeitschrift Bd. 72 (1928) S. 1357 den Hochdruckkessel mit mittelbarer Beheizung nach dem Verfahren der Schmidt'schen Heißdampf-Gesellschaft, Kassel, scharf angegriffen. Was Prof. Löffler bezüglich des Heizdruckes und der Gefahren des Kesselsteines bemängelt, wird meines Erachtens durch die Angaben in dem Aufsatz über die Schmidt-Hochdruck-Dampflokomotive von R. P. Wagner in dieser Zeitschrift Bd. 72 (1928) Nr. 43 S. 1522, 1532, widerlegt. Bezüglich des Verhaltens eines Schmidt-Hochdruckkessels im Betriebe mit schlecht gereinigtem bzw. Rohwasser wird auf den Aufsatz von Dr. A. Splittgerber in der Zeitschrift „Die Wärme" 51. Jahrgang (1928) Nr. 40 S. 738, 739 verwiesen.

Über allgemeine Betriebserfahrungen an ortsfesten Hochdruck-Dampfkesselanlagen von großer Leistung nach der Bauart der Schmidt'schen Heißdampf-Gesellschaft, die unmittelbar vor der Inbetriebnahme stehen, wird in absehbarer Zeit an dieser Stelle ausführlich berichtet werden.

Kassel [D 2294] O. H. Hartmann

Entgegnung

Ein scharfer Angriff auf das Dampferzeugungsverfahren der Schmidt'schen Heißdampf-Gesellschaft war von mir nicht beabsichtigt, sondern nur eine kurze, sachliche Kritik. In dem Aufsatz von R. P. Wagner ist nichts über den Druck des Heizmittels, nichts über die Beschaffenheit des Speisewassers und vor allem nichts über die Zeit gesagt, während der die Lokomotive in Betrieb gewesen ist. Bekannt geworden ist nur, daß das Speisewasser für den Hochdruckkessel bei etwa 15 at einem vorgeschalteten Niederdruckkessel entnommen wurde, worin sich sicher der größte Teil der Kesselsteinbildner abgelagert hatte. Ein besseres Urteil gewinnt man aus dem Aufsatz von Splittgerber, wo es u. a. heißt, daß die Kesselsteinablagerungen auf den Verdampfergliedern sich mit Schaber und Bürste entfernen ließen und daß ein Abschlammen des Kessels in üblicher Weise ziemlich ergebnislos war. Dies dürfte Sachkundigen zur Beurteilung genügen. Nichtsdestoweniger bin ich gern bereit, mich durch die in Aussicht gestellten Berichte über Dauerversuche an Kesselanlagen großer Leistung eines Besseren belehren zu lassen.

Charlottenburg St. Löffler

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 72 SONNABEND, 8. DEZEMBER 1928 Nr. 49

Feinmechanik

Konstruktionsgrundlagen der feinmechanischen Technik

Von Dr.-Ing. W. Kniehahn, Berlin[1])

Sämtliche Gebiete der feinmechanischen Technik werden auf eine breite gemeinsame Grundlage gebracht. Hierbei wird die dem Konstrukteur des Maschinenbaues verständliche Darstellung und Einteilung der mechanisch wirkenden Hilfsmittel oder Organe auf die Hilfsmittel der Elektrotechnik, Lichttechnik und Schalltechnik ausgedehnt. Im wesentlichen werden die innerhalb des Gerätes oder der Maschine wirkenden Hilfsmittel von den zwischen Mensch und Gerät oder Maschine wirkenden Verbindungsmitteln unterschieden. Die Hilfsmittel innerhalb des Gerätes oder der Maschine werden hier behandelt.

Die Erzeugnisse der feinmechanischen Industrie umfassen Geräte und Maschinen mechanischer, elektrischer, optischer und akustischer Natur. Damit ist bereits ihre große Mannigfaltigkeit gekennzeichnet. Zur gemeinsamen Behandlung der Konstruktionsgrundlagen muß man infolgedessen von breiter Grundfläche ausgehen und eine Ordnung schaffen, der sich alle Teile zwanglos einfügen lassen. Erst dann wird es möglich, diese für die deutsche Wirtschaft überaus wichtigen Gebiete dem Unterricht und der wissenschaftlichen Sammlung und Forschung zu erschließen.

In der Feinmechanik spielen außer den Hilfsmitteln, die innerhalb des Gerätes oder der Maschine mechanisch, elektrisch, optisch oder akustisch wirken, die Hilfsmittel eine wichtige Rolle, die erforderlich sind, um den Menschen einerseits als Regler und Steurer der Geräte (Schreib-, Rechenmaschinen, Sendegeräte) durch seine von den Sinnen beeinflußten Organe, anderseits als Empfänger ihrer Meldungen durch seine Sinne (Anzeige-, Aufzeichen-, Abhörvorrichtungen) dem Gerät oder der Maschine vor-, nach- oder zwischenzuschalten.

Man kann somit für die Grundlagen der feinmechanischen Geräte und Maschinen zu folgender Einteilung kommen:

Werkstoffe;
feste, lösbare und bewegte Verbindungen;
Hilfsmittel innerhalb des Gerätes oder der Maschine:
mechanisch — elektrisch — optisch — akustisch;
Hilfsmittel zwischen Gerät oder Maschine und Mensch:
mechanisch — elektrisch — optisch — akustisch.

Hiervon sollen im folgenden die *Werkstoffe*, *Verbindungen und Hilfsmittel innerhalb des Gerätes*[2]) behandelt werden, also die Bauteile, die Parallelen zu den Teilen des Maschinenbaues aufweisen und Abweichungen davon erkennen lassen. Die Abweichungen sind einerseits durch die besondre Ausgestaltung der Mittel nach feinmechanischen Konstruktionsgrundsätzen, anderseits durch Ausdehnung der Hilfsmittel auf das elektrische, optische und akustische Gebiet bedingt.

Bei der Einteilung der innerhalb des Gerätes wirkenden Hilfsmittel oder Organe gehen wir in Anlehnung an den Maschinenbau zweckmäßig davon aus, daß in der Maschine zur geregelten Orts- oder Formänderung von Energie als Arbeitsorgane Speicher, Leitungen, Umformer und Wandler, als Anpassungsorgane zur Steuerung und Regelung Schalter, Widerstände und Regler benutzt werden[3]).

Werkstoffe

Während im Maschinenbau in erster Linie die Festigkeit des Werkstoffes den Ausschlag gibt, tut dies in der Feinmechanik die *Bearbeitbarkeit*; die Festigkeit kommt in fast allen Fällen erst an zweiter Stelle in Betracht. Infolge der häufigen Verwendung gezogener Werkstoffe und Bleche, die meist in spanloser Fertigung (Drücken, Stanzen u. dergl.) ihre endgültige Form erhalten, wird auf die Beschaffenheit der *Oberfläche* besondrer Wert gelegt. Die im Maschinenbau wesentliche in der Zeiteinheit erzielte Spanmenge und der dazu nötige Kraftaufwand bei der Bearbeitung spielt ebenso eine nur untergeordnete Rolle wie der *Werkstoffpreis*, dessen Anteil an den Gesamtkosten in vielen Fällen weniger in die Erscheinung tritt.

Auch die *Prüfverfahren* sind anders. Da die Bearbeitbarkeit nicht unmittelbar von der Härte des Werkstoffes abhängt, fehlen bisweilen geeignete Prüfverfahren für die Bearbeitbarkeit; der praktische Versuch muß sie immer noch ersetzen.

Infolge der Verwendung von Isolier- und Preßstoffen, Glas, Gummi und dergl. sind auch die Werkstoffe bedeutend mannigfaltiger als im Maschinenbau. Die Werkstoffe der Feinmechanik will ich hier im einzelnen nicht näher erörtern, weil darüber in letzter Zeit vielfach ausführlich geschrieben worden ist[4]).

Verbindungen

Feste Verbindungen

Das Fehlen nennenswerter Kräfte, die Notwendigkeit einfacher und billiger Herstellung, daneben die kleinen Abmessungen haben zu festen Verbindungen geführt, die der Maschinenbau nicht oder nur wenig anwendet.

Von den verschiedenen Arten des *Schweißens*, die sich nach der Art der zu verbindenden Teile, dem Verwendungszweck, der verlangten Festigkeit und der Stückzahl richten, wird insbesondere das *elektrische Widerstandschweißen* als Stumpfschweißen, Punkt- oder Nahtschweißen angewandt. Den Konstrukteur beschäftigt außer der Festigkeit, die meist nur wenig unterhalb der des vollen Werkstoffes liegt, die Ausbildung der Verbindungsstelle, wo die verbundenen Teile

[1]) Der Aufsatz ist ein Auszug aus einer der Technischen Hochschule Dresden eingereichten Habilitationsarbeit, die unter demselben Titel im VDI-Verlag erscheinen wird. Die Sammlung des darin ausgewerteten Stoffes wurde dem Verfasser durch weitgehendes Entgegenkommen der Firmen Siemens & Halske A.-G., Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, A.-G., Mix & Genest A.-G., C. Lorenz A.-G., Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie, A.-G. (DTW) und Osram G. m. b. H. ermöglicht.

[2]) Die *Hilfsmittel zwischen Gerät oder Maschine und Mensch*, die insbesondere, soweit sie auf optischem und akustischem Gebiet liegen, ureigenste Hilfsmittel der Feinmechanik sind, und bei denen entsprechende Parallelen zum Maschinenbau im allgemeinen nicht gezogen werden können, werden in einem späteren Aufsatz behandelt werden.

[3]) Vergl. *Kutzbach*, „Hütte", 25. Aufl., 2. Bd. S. 27, und den Aufsatz von *Kutzbach*, S. 1781 dieses Heftes, in dem gleichzeitig das in kurzem erscheinende, für die Sammlung und Ordnung der feinmechanischen Elemente grundlegende Werk „Bauelemente der Feinmechanik" von *O. Richter* und *R. v. Voß* eingehend besprochen wird.

[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 405, Bd. 71 (1927) S. 1548 u. f.

Abb. 1 und 2
Stumpfgeschweißte Teile

Abb. 3a und 3b
Punktgeschweißter Blechteil (oft als Ersatz für teures Tiefziehblech).

Abb. 4a und 4b
In Spritzguß eingebettete Messingblechscheiben.

Abb. 5 bis 8
Vier Arten von Verpressungen.

Abb. 5. Glatte Achse, $d_a > d_i$; erfordert für gleichbleibende Sicherheit vieler Teile genaues Einhalten kleiner Toleranzen.

Abb. 6. Glatte Achse, $d_a < d_i$; Toleranzen können größer sein, so daß die Verbindung billiger wird als die nach Abb. 5. U. U. verteuert aber der Werkzeugverschleiß das Verfahren.

Abb. 7. Geriffelte Achse, $d_a < d_i$, $d_a' > d_i$; Toleranzen wie bei Abb. 6 groß, besonders wirtschaftliche Verpressung.

Abb. 8. Geriffelte Bohrung, $d_a > d_i$; Toleranzen wie bei Abb. 6 groß, besonders wirtschaftliche Verpressung.

Abb. 5 bis 7. Achse aus hartem, Scheibe aus weicherem Werkstoff.

Abb. 8. Achse aus weicherem, Scheibe aus hartem Werkstoff.

Abb. 9 Vollniet. Abb. 10 Hohlniet. Abb. 11 Hohlniet mit Unterlegscheiben. Abb. 12 Abb. 13 Unmittelbare Vernietungen.

Abb. 9 bis 13. Vernietungen.

Abb. 14
Verspreizen eines Blechteiles
a vor, *b* nach Verspreizen.

Abb. 15
Versickung.

Abb. 16 bis 18. Verbördelungen.

Abb. 19 bis 21. Verfalzungen.

Abb. 22 und 23. Verlappungen.

Abb. 24 bis 29
Verschraubungen an dünnen Blechen. Verschiedene Arten der Verstärkung der Einschraubstelle.

möglichst gleichen Querschnitt haben sollen, damit die thermischen Verhältnisse gleich sind, Abb. 1 und 2. Aus mehreren Blechen geschweißte Teile sind oft billiger als solche aus teurem Tiefziehblech, Abb. 3 a und b.

Verlötungen umgeht man, insbesondre bei Massenherstellung, weil sie selten wirtschaftlich sind oder gleichmäßig sauber ausfallen. Verlötungen elektrischer Leiter entlastet man meist durch Formschluß.

Bei den häufig ausgeführten Verkittungen ist die Gestaltung der Teile an der Kittstelle wichtig. Möglichst sind Formschluß, mechanische Entlastung und Lagensicherung durch Vorsprünge und Rippen anzustreben, dabei ist gleichzeitig die Ausdehnungszahl zu berücksichtigen. Bei Verklebungen ist Vorsicht angebracht, wenn es sich um Geräte für die Tropen handelt.

Die sehr wirtschaftliche Verbindung durch Einbetten in Metallguß und Isolierpreßstoff, Abb. 4 a und b, findet zunehmende Verwendung. Außer der Festigkeit und Zähigkeit wird die Wärme- und Lichtbeständigkeit, meist auch die Isolierfähigkeit, die chemische Beständigkeit, Schwinden, Verziehen oder Reißen, ferner das Aussehen und die Nacharbeit zu berücksichtigen.

Die Verpressungen gehören zu den wichtigsten Verbindungen der Feinmechanik, besonders bei Massenfertigung. Ihre Bedeutung steigt, wenn es möglich ist, in Abhängigkeit von den gewählten Toleranzen und der Art der Verpressung ihre Sicherheit zu bestimmen. Abb. 5 bis 8 zeigen vier Arten von Verpressungen.

Die Vernietungen der Feinmechanik unterscheiden sich in zweierlei Hinsicht von denen des Maschinenbaues. Im Maschinenbau handelt es sich fast ausnahmslos um die Verbindung von Metallteilen, während in der Feinmechanik auch Verbindungen von Metall mit nichtmetallischen Stoffen wie Fiber, Bakelithartpapier, Leder, Linoleum oder dergl. eine große Rolle spielen. Hierfür benutzt man Hohlniete. Aber auch zum Verbinden von Metallteilen benutzt man zuweilen Hohlniete, wenn die Teile sehr empfindlich sind und beim Nieten nicht beschädigt werden dürfen. Ein zweiter wesentlicher Unterschied der Vernietungen liegt darin, daß man in der Feinmechanik bei allen Verbindungen die unmittelbare Verbindung zweier Teile, also eine Verbindung ohne Zuhilfenahme eines besonderen Nietes, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit vorzieht. Abb. 9 bis 13 zeigen verschiedene Nietverbindungen. Neben den Verspreizungen und Versickungen ermöglichen die Verbördelungen, Verfalzungen und Verlappungen zahlreiche Verbindungsarten, die insbesondere für die Befestigung dünner Bleche untereinander oder mit Isolierstoffen zur Anwendung kommen, Abb. 14 bis 23.

Lösbare Verbindungen

Unter den lösbaren Verbindungen werden Verstiftungen in der Massenfertigung meist durch Befestigungen ersetzt, die kein vorheriges Bohren erfordern. Bei Verschraubungen ist oft eine besondre Verstärkung

Abb. 30 bis 34
Abb. 30 Lagerung mit kegeligen Lagerflächen.
Mit kugeligen Lagerflächen: Abb. 31 mit Kugelzapfen, 32 mit eingepreßter, 33 mit loser Kugel, 34 Spitzenlagerung.

der Einschraubstelle durch einfachste Mittel, Abb. 24 bis 29, erforderlich; im einfachsten Falle kann man solche Verbindungen stoffschlüssig durch Verlöten oder Bestreichen mit Lack sichern. Wenn möglich, ersetzt man die teuren Schraubverbindungen durch Klemmverbindungen, insbesondere bei Schwachstromgeräten, bisweilen auch durch Bajonettverbindungen.

Bewegte Verbindungen

Bewegte Verbindungen nennt man Führungen, wenn es sich um Schiebung, und Lagerungen, wenn es sich um Drehung der Teile handelt.

Führungen, die im Maschinenbau fast immer sehr genau sein müssen, können in der Feinmechanik sehr verschieden genau sein. Bei Führungen an Feinmeßgeräten wird höchste Genauigkeit gefordert; man kann dies insofern leichter als im Maschinenbau erfüllen, als man die Führungen hier federnd ausbilden kann und somit einen Spielausgleich erhält, der im Maschinenbau meist nur durch Nachstellen möglich wäre. Auf der andern Seite gibt es viele Führungen, die nicht genau sein dürfen, weil es die Betriebsicherheit des Gerätes gefährden würde, wenn sich Staubteilchen in die Führung einklemmen. Führungen sind daraufhin zu untersuchen, ob sie nicht ecken; man kann den Winkel rechnen, bei dem das Ecken möglich ist. Geschmiert werden die Führungsflächen nur selten, höchstens bei Inbetriebnahme leicht eingefettet.

Je nach der gewünschten Beweglichkeit benutzt man Gleitführungen oder Wälzführungen.

Zu den vom Maschinenbau bekannten zylindrischen Gleitlagerungen kommen in der Feinmechanik die Lagerungen mit kegeligen Lagerflächen, mit kugeligen Lagerflächen und als deren Untergruppe die Spitzenlagerungen, Abb. 30 bis 34.

Schwingende Bewegungen mit beschränktem Drehwinkel (Hebel-, Ankerlagerungen) kommen häufiger vor als Drehungen. Während im Maschinenbau der spezifische Flächendruck, die Wärmeabführung und die Geschwindigkeit für die Abmessungen und Form des Lagers maßgebend sind, kommen diese Gesichtspunkte in der Feinmechanik kaum in Betracht. Die Rücksicht auf die Herstellung und die Sicherheit gegen Beschädigung beim Versand sind zum mindesten ebenso wichtig. Vielfach werden die Lagerungen bei Elektrizitätszählern und dergl. federnd ausgebildet. Auf Schmierung verzichtet man meist, sie kann sogar bei Feinmeßgeräten unzulässig sein, da verdicktes Öl die Reibung vergrößert.

Bei den Wälzlagerungen kommen zu den normalen oder auch bisweilen nach Art der Fahrradlager vereinfachten Kugellagern die Schneidelager, insbesondere für Waagen und feine Meßgeräte, bei denen der Schwingungswinkel verhältnismäßig klein ist.

Hilfsmittel innerhalb des Gerätes oder der Maschine

a) Mechanische Hilfsmittel

Mechanische Speicher, Leitungen und Umformer

Gewichte haben als Speicher den Vorteil, daß sie eine gleichbleibende Kraft abgeben können. In Uhr- und Laufwerken wendet man sie vielseitig und verhältnismäßig häufig an.

Federn werden in bedeutend mannigfacherer Form als im Maschinenbau verwendet.

Obwohl man theoretisch die kleinen in der Feinmechanik verwendeten Federn einwandfrei berechnen kann, wird man zweckmäßig stets durch Versuch die berechneten Werte nachprüfen, was mit der Federwaage sehr einfach ist. Die berechneten Werte sind bei kleinen Federn meist ungenau, weil Unterschiede in den Abmessungen sich verhältnismäßig stark bemerkbar machen (die dritte Potenz des Durchmessers in der Formel für die Federberechnung läßt Abweichungen stark in Erscheinung treten). Auch die Art der Herstellung ist auf solche kleinen Federn von größerem Einfluß. Die Dauerfestigkeit ist für die Betriebsicherheit besonders wichtig.

Für die Berechnung von Achsen[5]) und Wellen kommt in den seltensten Fällen die übertragene Leistung in Betracht. Vielmehr ist bei der Wahl der Abmessungen auf Stöße während des Versandes oder im Betrieb und auf unrichtige Bedienung Rücksicht zu nehmen. Außerdem kann die Beanspruchung durch das Werkzeug während der Fertigung oder die Befestigungsart der mit der Achse zu verbindenden Teile bestimmend sein. Was die Passungen bei Achsen und Wellen anbelangt, so wird man insbesondere in der Massenfertigung immer bestrebt sein, mit der Grobpassung auszukommen. Edel- und Feinpassung sollen nur in den Fällen höchster Genauigkeit, wenn dies die Funktion des Gerätes unbedingt verlangt, angewandt werden. Im allgemeinen wird die Arbeitsweise der Geräte die Spiele der Schlichtpassung, besonders bei Durchmessern unter 10 mm, zulassen.

Gestängeleitungen werden nur für geringe Entfernungen verwandt.

Zugleitungen als Faden, Band, Draht oder Kette (Hüllstoff) kommen meist zur Verwendung, wenn es sich bei begrenztem Drehwinkel um das Überbrücken großer Entfernungen handelt, z. B. bei der Fernbetätigung von Signalglocken, elektrischen Schaltern und dergl.

Umformer dienen zur Bewegungsänderung in bezug auf Richtung oder Geschwindigkeit. Hierbei kann die Geschwindigkeitsänderung mit gleichbleibendem oder veränderlichem Übersetzungsverhältnis vor sich gehen.

Die lediglich der Richtungsänderung dienenden winkelbeweglichen Kupplungen kommen als Kreuzgelenk- oder Kugelgelenkkupplungen, insbesondere aber als billige Schraubenfederkupplungen vor.

Wie durch das Hintereinanderschalten mehrerer Kreuzgelenk- oder Kugelgelenkkupplungen die Gelenkwelle entsteht, so bilden hintereinandergeschaltete Schraubenfederkupplungen biegsame Wellen.

Reibgetriebe, die im Maschinenbau, so verlockend ihre Anwendung infolge ihrer Einfachheit erscheint, doch nur selten ihren Zweck erfüllen, kommen in der feinmechanischen Technik häufiger vor, insbesondere dann, wenn es nicht auf das genaue Einhalten eines bestimmten Übersetzungsverhältnisses ankommt. Man verwendet sie zum Feineinstellen von Geräten, z. B. bei Kondensatoren an Rundfunkgeräten. In ähnlicher Anordnung sind auch Planetenreibgetriebe für die Feineinstellung von Kondensatoren in Anwendung.

Besondere Bedeutung kommt den Reibgetrieben als Vorschubgetriebe zum Fortbewegen von Briefen, Karten usw. bei Stempel- und Sortiermaschinen zu, ferner beim Vorschub von Papierbogen in Schreib- und Rechenmaschinen und von Papierstreifen in Telegraphenapparaten.

Als Nockengetriebe ausgebildete Kurvengetriebe werden in der feinmechanischen Technik häufiger als im Maschinenbau benutzt, in einer Mannigfaltigkeit, wie sie selbst der Werkzeugmaschinenbau kaum aufzuweisen hat. Bisweilen benutzt man Kurvenscheiben, deren Umfang mehrfach unterteilt ist, so daß der Antrieb absatzweise nach demselben Gesetz oder in verschiedener Weise bewerkstelligt wird. Von Wichtigkeit sind einige Kurventriebe für den aussetzenden Vorschub des Filmes an kinematographischen Apparaten.

Die Zahnräder der feinmechanischen Technik erleiden in Ermanglung größerer Umfangskräfte im allgemeinen eine bedeutend kleinere spezifische Bean-

[5]) Eine Leitung kann eigentlich nur eine Welle sein. In der Feinmechanik spricht man jedoch allgemein von Achsen, selbst wenn ein Drehmoment zu übertragen ist. Deshalb wurde die übliche Bezeichnung zunächst beibehalten.

Abb. 35a und b. Hohltrieb.

Abb. 36a und b (rechts) Aus Blech gestanzte Stirnräder mit Führungsscheiben.

spruchung als im Maschinenbau; die Geschwindigkeiten sind infolge der kleinen Durchmesser so niedrig, daß konstruktive Schwierigkeiten wie bei den raschlaufenden Zahnradgetrieben des Maschinenbaues kaum auftreten. Schon daraus ergibt sich, daß die Auswahl an Werkstoffen bedeutend größer ist. Der höhere Preis gewisser Werkstoffe ist bei den kleinen Abmessungen meist weniger wesentlich und die Hauptsache ist, daß die Bearbeitungskosten niedrig gehalten werden, daß geringe Abnutzung große Lebensdauer ermöglicht und daß die Räder gegen äußere Einflüsse widerstandfähig sind. Die Schmierung ist hier meist bedeutungslos.

Die Herstellungsverfahren werden durch die Abmessungen, den Werkstoff, die Stückzahl und die Befestigungsart des Rades bestimmt. Die einfachste Herstellung bildet meist das Stanzen.

Zahnstangen werden gefräst, gestanzt oder gespritzt.

Für die Feinmechanik ist die Zahnform am besten geeignet, die gegen geringe Ungenauigkeiten bei der Montage am wenigsten empfindlich ist. Sehr viel findet man noch Hohltriebe (Triebstockverfahren), Abb. 35a und b, die oft billiger herzustellen sind als Volltriebe und unempfindlicher gegen Abstandänderungen und seitliche Verschiebung wie gegen Verschmutzen sind.

In vielen Fällen verzichtet man auf theoretisch richtige Zahnflankenformen, wobei ein Spiel noch weiter über Ungenauigkeiten während des Ganges hinweghilft. In der feinmechanischen Technik findet man für die verschiedenen Antriebverhältnisse — parallele Achsen, sich schneidende und sich kreuzende Achsen — Vereinfachungen, von denen Abb. 36 bis 42 Beispiele zeigen.

Bei Feineinstellungen durch Schraubgetriebe darf jedoch kein Spiel vorhanden sein; hier kommt es darauf an, daß auch nach längerem Betrieb sich der tote Gang des Gewindes nicht bemerkbar macht. Entweder kann man durch axiale Verspannung (Schraubenfedern, Scheibenfedern) oder durch radiale Verspannung (Schlitzen und Verklemmen der Mutter) den toten Gang beseitigen.

Für Hebel- und Kurbelgetriebe (Koppeltriebe) gelten die ganz allgemein für feinmechanische Konstruktionen angeführten Grundsätze. Insbesondre wird man zur Verbilligung der einzelnen Teile weitgehend vom Stanzen Gebrauch machen und die Getriebe aus Draht und Blechteilen in einfachster Weise zusammensetzen, wobei längere Hebel durch eingepreßte oder umgebogene Rippen versteift werden. Wenn auf diese Weise eine dünnere Blechsorte zur Verwendung kommen kann, so spart man nicht nur an Werkstoff, sondern vereinfacht auch die Bearbeitung und verringert die Abnutzung der Werkzeuge. Sind an Hebeln und Kurbeln, die aus Blech gestanzt sind, Befestigungsstifte oder Ösen für Federn usw. anzubringen, so ist stets zu prüfen, ob man sie nicht beim Stanzen durch Ausbiegen eines Lappens oder dergl. anbringen kann.

Schnur- oder Bandgetriebe (Hülltriebe) mit Begrenzung des Drehwinkels werden bei anzeigenden Geräten verwendet, bei denen man durch besondre Form der Scheiben den Skalenverlauf beeinflussen will. Als verzahnte Hülltriebe (Kettentriebe) verwendet man nachspannbare Gelenk- oder Gliederketten.

Mechanische Schalter, Widerstände und Regler

Zur Beherrschung aller innerhalb des Gerätes oder der Maschine wirkenden Arbeitsorgane (der Speicher, Leitungen und Umformer) dienen Anpassungsorgane, die

Abb. 37 Stirnräder. Abb. 38 Stirnrad und Kronenrad. Abb. 39 Gestanzte und gedrückte Stirnräder.

Abb. 37 bis 39 Antrieb bei sich schneidenden Achsen.

Abb. 40 Schnecke mit normalem Gewinde. Abb. 41 Stahldraht-Schraubenfeder; Punktberührung. Abb. 42 Schneckentrieb mit Linienberührung.

Abb. 40 bis 42. Schneckengetriebe.

als Steuer- und Regelorgane, und zwar als Schalter, Widerstände und Regler ausgestaltet werden; sie bilden als höhere Organketten Schrittschaltwerke, Verstärkerschaltwerke, Regelwerke.

Das Ein- und Ausschalten von Leitungen oder Umformern kann entweder mit der Hand oder selbsttätig durch Schaltkupplungen (Klauenkupplungen, Rutschkupplungen, Rastkupplungen) geschehen. Die selbsttätigen Schaltkupplungen sollen entweder die Größe eines Drehmomentes begrenzen (Rutschkupplungen als Drehkraft-Höchstschalter) oder die Größe der Drehzahl (Fliehkraftkupplungen als Drehzahl-Höchst- oder Mindestschalter) oder die Drehrichtung (Freilaufkupplungen als Gleichrichter) beeinflussen. Die lezteren, die gerichteten Schaltkupplungen, arbeiten entweder selbsttätig als Freilaufkupplungen (Zahnkupplungen oder Klemmkupplungen) oder gesteuert als Gesperre (Zahngesperre oder Klemmgesperre).

Eine sehr häufig benutzte, einfach gerichtete Klemmkupplung ist ein als einfache Schraubenfeder gewundener, die Achse umschlingender Stahldraht, Abb. 43. Auf den verschiedensten Gebieten der Feinmechanik, in Uhr- und Laufwerken, Zählwerken, Taxametergetrieben, findet man diese Kupplung.

Zu den selbsttätigen oder gesteuerten Schaltern gehören aber auch die zwischen Rahmen oder Gestell und einer Wellen- oder Gestängeleitung wirkenden Rasten und Verriegelungen.

Rastwerke werden bei Zählern und Schrittschaltwerken viel verwendet. Man kann mit ihnen mit verhältnismäßig kleinen Federkräften der Rast eine hohe Rastwirkung in radialer wie axialer Richtung erzielen.

Im Gegensatz zu den selbsttätig arbeitenden Rastwerken müssen Verriegelungen gesteuert werden. Der Riegel, der mit der Hand oder unter dem Einfluß einer Feder in die Verschlußstellung kommt, muß zur Entriegelung durch eine besondere Kraft gelöst werden. Derartige Verriegelungen kommen besonders beim Verschließen von Behältern, bei Schlössern, zum Sichern der Einstellagen an den verschiedensten Geräten, bei photographischen Stativen und dergl. vor.

Abb. 43 Einfache Ausführung einer gerichteten Schaltkupplung: eine die Achse umschlingende Schraubenfeder.

Zusammengesetzte Schaltwerke sind die Schrittschaltwerke, die Verstärker und die Regelwerke.

Während die Schaltkupplungen und die gerichteten Schaltkupplungen stetig wirken, dienen die Schrittschaltwerke, die sowohl Leitungsschalter als auch Rahmenschalter oder Verriegelungen brauchen, zum Schalten in Absätzen, indem das Schaltwerk jeweils über eine Rastlage oder Sperrlage von einer Schaltstellung zur folgenden übergeht. Auch diese meistens selbsttätig arbeitenden Schaltwerke können gerichtet wirken, wenn sie eine solche aussetzende Bewegung nur in einer Richtung zulassen. Da in den meisten Fällen um ganz bestimmte Strecken weitergeschaltet werden soll, führt man fast nur verzahnte Schrittschaltwerke aus, durch Klemmung arbeitende nur in ganz seltenen Fällen.

Schrittschaltwerke mit schwingendem Schaltglied werden bei den Wählern der automatischen Telephonie zum Bewegen der Kontaktfedern, bei Telegraphenapparaten zum Bewegen des Papierstreifens und der Farbrollen, bei elektrischen Nebenuhren zum Antreiben des Zeigerwerkes viel verwendet.

Hier kann man auch die genau genommen zu den Kurventrieben gehörenden Schalttriebe erwähnen als Schrittschaltwerke mit einem fortlaufend bewegten Schaltglied, z. B. Malteserkreuze, die bei Kinoapparaten zum Bewegen des Bildbandes, bei Zählwerken zum Verdrehen der Zahlenscheiben oder Zahlenrollen dienen.

Verstärker werden in verschiedenster Weise als mechanisch, hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch wirkende, gesteuerte Hilfsmotoren (in weitestem Sinne) ausgeführt. Sie spielen eine große Rolle in den zahlreichen Fällen, bei denen die im Meß- und Meldeorgan zur Verfügung stehende niedrige Schaltenergie nur dazu ausreicht, einen Hilfsmotor so zu schalten, daß die über größere Kräfte verfügende Motorbewegung stets in konstantem Verhältnis zur fast widerstandfreien Schaltbewegung steht. Da es sich in der feinmechanischen Technik meist nur um niedrige Motorleistungen handelt, arbeiten die Verstärkermotoren im Gegensatz zum Maschinenbau meist mit Dauerstrom, nicht mit Steuerstrom[6]), wobei sich im allgemeinen die Verstärkerschaltwerke vereinfachen.

Widerstände sind Bremsungen oder Dämpfungen.

Bei der Berechnung von Bremsen, die mit trockener Reibung arbeiten, muß man die im Maschinenbau geltenden Beziehungen oft insofern erweitern, als das Gewicht des Bremskörpers zu berücksichtigen ist.

Dämpfungen sind Bremsvorrichtungen, bei denen die Bremskraft bezw. das Bremsmoment für die Geschwindigkeit null des bewegten Teiles gleichzeitig den Wert null annimmt. Infolgedessen scheiden für die Zwecke der Dämpfung Bremsen mit Reibung zwischen festen Körpern aus, es kommen nur Luft-, Flüssigkeits- oder Wirbelstromdämpfungen in Betracht.

Bei Meßvorrichtungen, elektrischen Meßgeräten und unmittelbar anzeigenden Neigungswaagen werden die Schwingungen des Zeigers zum Zwecke schnellen Ablesens periodisch gedämpft, während bei schreibenden Meßgeräten nur aperiodisch abklingende Bewegungen möglich sind. Während im ersten Falle ein Hin- und Herschwanken des Zeigers um die Anzeigelage eine schnellere Ablesung zuläßt als ein aperiodisches allmähliches Hineinkriechen in diese Lage, kann man bei schreibenden Meßgeräten natürlich nur die letztere Art der Dämpfung brauchen. Die Dämpfungsverhältnisse selbst kann man berechnen, wenn man einmal die Dämpfungszahlen unter gewissen Verhältnissen festgelegt hat.

Die Regelwerke zur Reglung der Geschwindigkeit weichen in der feinmechanischen Technik grundsätzlich von denen des Maschinenbaues ab. Während im Maschinenbau die Energiezufuhr durch den Regler dem Energiebedarf angepaßt wird, wird hier, da es auf den entstehenden Verlust nicht ankommt, mit Hilfe von Bremsregelwerken die über ein gewisses Maß hinausgehende Antriebleistung mehr oder weniger abgebremst. Die zweite Art von Reglern, die Hemmregler, arbeiten durch Schalttriebe, die von einem Gewichts- oder Federpendel gesteuert werden und mit jedem Pendelhin- oder -hergang die Fortbewegung des Motors um eine bestimmte Strecke zulassen.

[6]) Vergl. Hütte 25. Aufl. Bd. 2. S. 270.

b) Elektrische Hilfsmittel

Zu den gemeinsamen Konstruktionsgrundlagen der Feinmechanik gehören nicht Entwurf und Berechnung, sondern nur der Bau nichtmechanischer Hilfsmittel, z. B. Kondensatoren, Akkumulatoren, Drosselspulen, Kabel und Leitungen, Umformer, Wandler und dergl., auf alle Fälle aber ihr Einbau und besonders die Mittel zu ihrer mechanischen Betätigung, z. B. Schalter, Verstellvorrichtungen und dergl. Immerhin kann es für den Konstrukteur der Feinmechanik von Vorteil sein, wenn er auch die nichtmechanischen Hilfsmittel nach den gleichen Gesichtspunkten wie die mechanischen ordnet.

Elektrische Speicher, Leitungen, Umformer und Wandler

Die Anordnung und Gestaltung elektrischer Speicher, Leitungen, Umformer und Wandler ebenso wie die zur Beherrschung der elektrischen Energie nötigen Schaltvorrichtungen, Widerstände und Regler richtet sich nach den besondern Anforderungen, die die Leitung des elektrischen Stromes infolge der Isolation stellt.

Da in der Feinmechanik oft mechanische und elektrische (oft auch optische und akustische) Lösungen einer Aufgabe in gleicher Weise möglich sind, ist es vorteilhaft, beim Entwurf stets von vornherein alle Möglichkeiten gegeneinander abzuwägen.

Während von den elektrischen Speichern die Akkumulatoren in konstruktiver Beziehung einen gewissen Abschluß gefunden haben, haben die Kondensatoren infolge ihrer Fähigkeit, elektrische Schwingungskreise in einfachster Weise zu beeinflussen, besonders in den Ausführungen mit veränderbarer Kapazität gerade in letzter Zeit als Platten-, Walzen- oder Rollenkondensatoren und in verschiedenen Sonderausführungen eine ganze Reihe konstruktiver Aufgaben gestellt.

Ist bei der Ausführung der Konstruktion zunächst Wert darauf zu legen, daß keine Randentladungen vorkommen können, so handelt es sich des weiteren in der Hauptsache um die Einstellung, die meist in Grob- und Feineinstellung getrennt ist, so daß ein Getriebe mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten vorhanden ist, die gegeneinander sehr hoch übersetzt sind (meist Reibgetriebe, auch Planetengetriebe).

Zu den Speichern gehören außerdem die Hilfsmittel, bei denen die Speicherwirkung im Aufrechterhalten eines magnetischen Feldes besteht. Dies sind außer Spulen insbesondere Magnete.

Mit den elektrischen Leitungen untrennbar verbunden ist die Frage der Isolation. Die Besprechung der einzelnen Isolierstoffe, die der Konstrukteur in ihren Eigenschaften kennen muß, gehört unter das Kapitel „Werkstoffe"; hierüber sind bereits zahlreiche Veröffentlichungen erschienen (vergl. Anmerkung [4]) S. 1773).

Wesentlich für den Entwurf ist das Einhalten der Kriechstrecken. Sowohl die Kriechstrecken wie die Luftabstände sind in den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker festgelegt. Will man aber die Kriechstrecken einhalten und mit möglichst wenig Raum auskommen, z. B. bei Bordgeräten auf Schiffen und Flugzeugen, so kann man sich durch Rippen oder Wülste helfen, die vorzugsweise senkrecht anzuordnen sind, damit sich kein Staub darauf festsetzt.

Elektrische Schalter, Widerstände und Regler

Von den weiteren elektrisch wirkenden Hilfsmitteln sind insbesondere die Kontaktstellen verschiedenster Ausführung wesentlich. Während bei den meisten Dreh- oder Tastenschaltern derselbe Werkstoff gleichzeitig die Erzielung des Kontaktes wie auch die Erzeugung des Kontaktdruckes durch Federung zur Aufgabe hat, ist es in Sonderfällen angebracht, für beide Zwecke jeweils den besonders geeigneten Werkstoff zu wählen und die Teile ihren Einzelaufgaben entsprechend durchzubilden.

Abb. 44
Wirbelstrombremse mit einstellbarem Magnet (als Bremse oder zur aperiodischen Dämpfung verwendbar).

Die Kontakte, im Fernsprechbetrieb als Spitzkontakte, Flachkontakte usw., werden hierbei im allgemeinen mit dünnem Federblech vernietet. Damit stets guter Kontakt erreicht wird, werden bei Wählerkontakten zuweilen zwei Kontakte auf einem Hebel angebracht, dessen Ende zwischen den beiden Kontakten geschlitzt ist, damit sich jeder einzelne Kontakt unabhängig vom anderen federnd auflegen kann.

Bei den Kontakten von Meßgeräten, die einen größten Zeigerausschlag durch Auslösen eines Signals oder dergl. anzeigen, soll die Anordnung stets so erfolgen, daß bei der Berührung eine gewisse Reibung der Kontakte aufeinander stattfindet, damit eine dünne Haut von Oxyd oder Schmutz, die sich unter Umständen auf der Oberfläche gebildet hat, zunächst entfernt wird. Eine gewisse Reibung ist auch bei Kontakten nötig, die elektrisch hoch beansprucht werden, damit sie sich nicht festfressen. Es kommen hier Anordnungen in Betracht, wie sie bei Zündapparaten, Schnellreglern von Lichtmaschinen usw. ausgeführt werden. Über die Auswahl des Kontaktwerkstoffes sind die Meinungen bisweilen geteilt, und es wird den jeweiligen Verhältnissen entsprechend Platin, Silber oder Wolfram vorzuziehen sein. Auch der zur Verfügung stehende Kontaktdruck ist zu berücksichtigen; er verhält sich erfahrungsgemäß für Platin, Silber und Wolfram wie 1 : 10 : 100. Im allgemeinen verwendet man Silberkontakte zur Überleitung großer Stromstärken bei niedriger Spannung, Wolframkontakte bei niedriger Stromstärke und höherer Spannung. Die Schaltleistung soll möglichst klein sein, da im Dauerbetrieb insbesondere bei induktiver Belastung die Kontakte leicht verschmoren.

Wie im Maschinenbau die Ausgestaltung der Schaltvorrichtungen, insbesondere für hohe Schaltgeschwindigkeiten, Schwierigkeiten macht, wenn große Kräfte, große Geschwindigkeiten und damit große Trägheitskräfte auftreten, so ist dies bei elektrischen Schaltvorrichtungen der beschriebenen Art entsprechend der Fall, wenn hohe Spannungen, starke Ströme und Selbstinduktion vorhanden sind.

Beim Einbau elektrischer Widerstände besteht häufig die Aufgabe, Schiebewiderstände durch Drehgriffe zu bedienen und hierzu einfachste konstruktive Mittel anzuwenden.

Bei Brems- oder Dämpfungseinrichtungen kann man durch Erzeugen von Wirbelströmen eine umlaufende Scheibe oder Trommel nach Abb. 44 bremsen oder aperiodisch zum Stillstand bringen. Kleine Änderungen der Lage von Magnet und Scheibe sind hierbei von großem Einfluß.

Die elektrischen Regler lassen z. T. Parallelen zu den mechanischen Hilfsmitteln erkennen, so daß man Bremsregler mit Widerstandreglern, gesteuerte, also ohne Eigenschwingung arbeitende Hemmregler mit Zitterreglern in Verbindung bringen kann.

c) Optische Hilfsmittel

Der Konstrukteur der Feinmechanik muß, auch wenn er nicht Fachoptiker ist, imstande sein, optische Hilfsmittel seinen Entwürfen sachgemäß einzugliedern.

In allen optischen Geräten: Lupen, Mikroskopen, Fernrohren, Bildwerfergeräten, den photographischen, geodätischen, medizinischen und dergl. Geräten bedürfen die Linsen der Fassung, die Fassungen der Befestigung oder der sicheren Führung.

Zur Beurteilung des Einflusses konstruktiver Durcharbeit vergleiche man ein in früheren präzisionsmechanischen Werkstätten hergestelltes Mikroskop, bei dem oft mit größtem Arbeitsaufwand sämtliche Flächen auf das genaueste ausgeführt sind, mit einem neuzeitlichen Gerät dieser Art, das unter dem dringenden Zwange wirtschaftlicher Ausführung eine vollkommene Umgestaltung übe sich hat ergehen lassen und dessen betonte Zweckmäßig keit dem Gerät ein harmonisches Aussehen verleiht.

Abb. 45 bis 49
Richtungsänderung von Lichtstrahlen (optische Umformung).

Abb. 45. Parallel verschoben.

Abb. 46 und 47. Winklig abgebogen.

Abb. 48 und 49. Winklig abgebogen und vollständig zurückgeworfen (durch Totalreflexion).

Wie im Maschinenbau zur geregelten Orts- oder Form änderung von Energie Verbindungen von Speichern, Le tungen und Umformern nötig sind, läßt sich auch für di Optik die Beherrschung der Energie durch entsprechend Mittel ermöglichen, wenn man an Stelle der Speicher de Maschinenbaues thermisch-optische Speicher in Form vo Lichtquellen aller Art, an Stelle der Leitungen des Ma schinenbaues die ausgesandten freien Strahlenbündel un zu deren Formbeeinflussung einerseits Linsen und Spiege anderseits phosphoreszierende, fluoreszierende und polari sierende Körper einführt, während die als Schalter, Wider stände und Regler dienenden Hilfsmittel in den Verschlüs sen und den festen, verstellbaren und umlaufenden Blen den erkannt werden.

Alle freien Schwingungsbewegungen lassen sich wegen der Größenordnung der Mechanismen und wegen der Frei heit der Schwingungen nicht als solche mechanisch steu ern, sondern nur optisch in ihrer gegenseitigen Lage im Strahl (Linsen, Hohlspiegel) oder durch Ablenkung (Spiegel, Beugung) oder durch Energieschwächung im ganzen oder in einzelnen Schwingungszahlen (Filter, far bige Gläser usw.) beeinflussen.

Der Wirkungsgrad der Energieumsetzung in Lichtstrahlenenergie ist außerordentlich niedrig, teilweise auch deshalb weil viele Strahlen nicht im Bereich der sichtbaren Strahlung liegen und es sich im allgemeinen auch nicht lohnt solche Strahlen, z. B. ultraviolette Strahlen durch geeignete Mittel in sichtbare Strahlen umzuformen. Da außerdem die Lichtstrahlen bei der Umformung durch Linsen und Spiegel sehr große Energieverluste erleiden, und der Lichtstrom meist durch Abschirmen mittels Blenden geregelt wird, die einen großen Teil der Lichtenergie verschlucken, so ist leicht zu erkennen, daß die Ausnutzung der Lichtenergie denkbar schlecht ist. Man braucht hierbei nicht bis zu den neuesten und letzten Aufgaben zu gehen, bei denen die Schaffung, Anordnung und Ausnutzung einer besseren Lichtquelle als der heute verwendeten wesentliche Fortschritte bringen würde, zu den Möglichkeiten des Fernsehens. Schon bei der Erzeugung des Lichtstromes in photographischen Projektions- und Kinoapparaten spielen diese Punkte, nicht nur vom Standpunkt des Sonderfachmanns, sondern auch von dem des Konstrukteurs betrachtet, eine wesentliche Rolle.

Im Gegensatz zu den Temperaturstrahlern sind Lumineszenzstrahler, die kaltes Licht aussenden, noch wenig ausgebildet, so daß sich die Feinmechanik mit ihrer konstruktiven Ausbildung noch kaum befassen kann.

Optische Speicher, Leitungen und Umformer

Als optische Speicher kann man, wie bereits gesagt, die meisten thermischen Lichtquellen einschließlich der nichtthermischen fluoreszierenden und phosphoreszierenden Körper auffassen, wobei letztere allerdings gleichzeitig eine optische Umformung des Lichtstrahles vornehmen. Solche nichtthermische Speicher finden erst in letzter Zeit an verschiedenen Stellen innerhalb der feinmechanischen Industrie Anwendung, z. B. zur Lu-

Unterlagplatte
Glaslinse
Blei-
dichtung
RZ 2109 Z 50

Abb. 50
Zusammenwirken von Linse und Spiegel zur Beeinflussung des Strahlenganges in Leuchtkörpern von Reklame- und Warnungstafeln.

Abb. 51 und 52
Umlaufende Scheibe für den Schnellempfang von Bildpunkten.

a, b, c verschiedene geneigte Prismen
a', b', c' Strahlengang durch die verschiedenen Prismen
d Lichtquelle
e umlaufende Scheibe
f Bildwand

RZ 2109 Z 51

minographie, um aus Büchern, Zeitschriften oder dergl. ohne den Umweg über einen photographischen Aufnahmeapparat in einfacher Weise Aufnahmen herzustellen[6a]).

Phosphoreszierende Schirme finden weiterhin Verwendung im Vakuum der Braunschen Röhren, wo sie den mit ungeheurer Geschwindigkeit unter dem Einfluß von Kondensatoren und Spulen abgelenkten Lichtstrahl, der in Schwingungen über die Platte läuft, dem Auge durch Nachleuchten als Kurvenzug erscheinen lassen.

Die Konstruktion aller Strahlengänge baut sich auf der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes auf, Abb. 45 bis 49. In optischen Geräten lassen sich einzelne Linsen nicht ohne optische Korrekturen durch Zusammensetzen mehrerer Linsen verschiedener Ausführung und verschiedenen Werkstoffes verwenden. In weit höherem Maß als die Ausgestaltung der Linsen, die meist Sache des Fachoptikers sein wird, muß der Konstrukteur in der Verwendung und Anordnung von Spiegeln Bescheid wissen. Der Übergang von der Linse zum Spiegel ist der Fall der vollständigen Reflexion, wie sie bei schrägeinfallendem Strahl an der Übergangsstelle zwischen zwei Stoffen stattfinden kann. Handelt es sich darum, z. B. bei Fernrohren, einen möglichst langen Strahlengang in verhältnismäßig kleinem Raum unterzubringen, so benutzt man die Totalreflexion von Prismen in der bekannten, in Abb. 48 und 49 angedeuteten Weise zur Umkehrung des Strahles. Die Parallelverschiebung eines Strahles unter Ausnutzung seines Brechungsverhältnisses (des mit Richtungsänderung verbundenen Übersetzungsverhältnisses seiner Wellenlänge) zeigt Abb. 45.

Als billigste Spiegel benutzt man Glasspiegel, deren Hinterseite mit Zinnamalgan bestrichen ist; da es aber für optische Geräte mitunter störend wirkt, daß hierbei zwei Flächen, die Vorder- und die Hinterfläche, spiegeln, so daß zwei Bilder entstehen, so verwendet man in diesem Fall entweder Metallspiegel oder bringt eine Silberschicht galvanisch auf der Vorderseite des Glases an. Die Spiegel können entweder still stehen oder bewegt sein. Die Verwendung ebener Spiegel an feinmechanischen Geräten ist so mannigfaltig, daß nur die Anwendung zur Ablenkung von Tageslicht oder künstlichem Licht zur Aufhellung, die Anwendung bei empfindlichen Meßgeräten mit objektiver Ablesung oder optischen Aufzeichenvorrichtungen erwähnt werden soll.

Hohle Spiegel werden bei Projektionsgeräten, Scheinwerfern, Blendlaternen und dergl. viel verwendet. Eine besondere Anwendung zeigt Abb. 50 bei selbstleuchtenden Reklame- oder Warnungstafeln, die mittels vorgeschalteter Linsen den einfallenden Lichtstrahl in einem sehr großen Bereich parallel zur Einfallrichtung zurückwerfen.

Schwingende Spiegel verwendet man bei kinematographischen Geräten, die mit optischem Ausgleich arbeiten, bei denen also der Film mit stetiger Geschwindigkeit beläuft, während das kurzzeitige Stillstehen des Bildes mittels schwingender Spiegel erreicht wird. Umlaufende Spiegel finden auf Spiegeltrommeln bei Oszillographen Verwendung und ganz allgemein bei optischen Beobachtungsgeräten, bei denen man einen als Längenänderung in einer Achse des Koordinatensystems auftretenden Bewegungsvorgang zwecks fortlaufender Beobachtung zu einer Kurve auseinanderziehen will. Es werden hierzu einzelne Spiegel auf den Flächen des Umfanges einer Trommel angebracht. In ähnlicher Weise verwendet man Prismen auf umlaufenden Scheiben nach Abb. 51 und 52 für den Schnellempfang von Bildpunkten, die sich infolge des verschiedenen Ablenkungswinkels der auf dem Umfang angeordneten Spiegel zu einem einheitlich erscheinenden Bild zusammensetzen. Statt mehrerer einzelner Prismen kann man auch den ganzen Umfang als Ringprisma verschiedener Neigung ausbilden.

[6a]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1257.

RZ 2109 Z 52÷54

Abb. 53 Fest. **Abb. 54** Stufenweise verstellbar (Revolverblende). **Abb. 55** Stetig verstellbar (Irisblende).

Abb. 53 bis 55. Die Blenden der Optik.

Optische Schaltvorrichtungen, Widerstände und Regler

Zu den Schaltern der Optik gehören die verschiedenen Verschlüsse insbesondere bei photographischen Geräten. Man kann sie nach der Art des Antriebes und der Auslösung einteilen in Spannungsverschlüsse, die vor ihrer Verwendung gespannt werden müssen, die also in zwei Takten geschaltet werden, in selbsttätige Verschlüsse, bei denen in einem Takt geschaltet wird, und in Spannungs-Selbstverschlüsse, die nach beiden Verfahren arbeiten können. Ferner unterscheiden sich die einzelnen Verschlüsse durch die Zahl der Lamellen. Die Verschlüsse werden meist in der Nähe der Blende, also zwischen den Linsen angebracht.

Je nach ihrem besondern Zweck können Blenden als Schalter, als Widerstände oder als Regler benutzt werden. Sie werden im allgemeinen nach den in Abb. 53 bis 55 angegebenen Grundformen ausgeführt als feste Blenden, als stufenweise verstellbare oder Revolverblenden, oder als stetig verstellbare Irisblenden; hierzu kommen noch die umlaufende Blenden. Während die festen und verstellbaren Blenden in der Hauptsache als Widerstände benutzt werden, die besonders zur Korrektur des Strahlenganges die äußeren durch die Linsen gehenden Strahlen abblenden sollen, dienen umlaufende Blenden meist zum abwechselnden Ein- und Ausschalten des Lichtstrahles. Hierbei ist das Verhältnis zwischen Ein- und Ausschaltdauer durch die Größe der Blendenöffnung oder die Anzahl der in einer Scheibe vorgesehenen Blendenöffnungen und die Geschwindigkeit des Schaltvorganges durch die Drehzahl der Blende bestimmt.

Man unterteilt die Blenden außerdem je nach ihrer Stellung zum Objektiv in Vorderblenden, Innenblenden und Hinterblenden. Mit einer umlaufenden Hinterblende hat man z. B. bei Laufbildgeräten den Vorteil, durch Abhalten der Hälfte der Strahlenenergie gleichzeitig die Hälfte der Wärmeenergie fernzuhalten. Während die meisten festen Blenden als Aperturblenden an Objektiven verwendet werden, findet man bei optischen Geräten, insbesondere solchen mit langer Strahlenführung, auch vignettierende Blenden.

Umlaufende Blenden, die die Aufgabe haben, ein Bild durch Abtasten in einzelne parallele Streifen zu zerlegen, sind in Abb. 56 dargestellt. Sie haben mehrere spiralig

Abb. 56
Umlaufende einfache Blende zur Bildzerlegung in Streifen (Spirallochscheibe).

Abb. 57
Zusammenarbeiten zweier Blenden zur Bildzerlegung in Punkte.

Abb. 58
Optische Schaltvorrichtung, die wechselweise auf Kino- und Diaprojektion arbeitet.

a Lampe
b Hohlspiegel
c Schwenkbarer Spiegel
d Zerstreuungslinse
e Fester Spiegel
f Diapositiv
g Objektiv
h Bildfenster
i Kondensor

angeordnete Öffnungen. Zum Zerlegen des Bildes in Punkte verwendet man zwei Blenden, wie sie Abb. 57 in ihrer einfachsten Form darstellt. Die beiden zusammenwirkenden Blenden können dabei entweder hin- und hergehende oder fortlaufende Bewegungen ausführen. Im letzten Fall sind es entweder Bänder, die über Rollen laufen, oder Scheiben, wobei wegen der Drehbewegung die Schlitze andre Formen annehmen müssen.

Als Regler der Lichtstärke werden auch Flüssigkeitsblenden verwendet, z. B. bei Kapillarelektrometern.

Als Schaltvorrichtungen (Wechselumformer) findet man Sätze von Blenden und Spiegeln bei Projektionseinrichtungen, die für Diaprojektion wie für Kinoprojektion, Abb. 58, oder als Episkope wie als Diaskope Verwendung finden, ebenso bei Mikroskopen, bei denen auf Hellfeldwie auf Dunkelfeldbeleuchtung geschaltet werden kann.

Optische Widerstände findet man in der Form von absorbierenden oder selektiv wirkenden Körpern (Rauchglas, gefärbtes Glas, Mattscheiben, Salzlösungen, glühende Gase). Absorbierende Körper werden zur Einstellung verschiedener Meßbereiche bei Pyrometern verwandt.

d) Akustische Hilfsmittel

Die akustisch wirkenden Hilfsmittel innerhalb des Gerätes wären eigentlich den mechanisch wirkenden Hilfsmitteln unmittelbar anzugliedern, zumal die meisten Geräte so arbeiten, daß die Umformung erzwungener mechanischer Bewegungen in freie Massenschwingungen bereits in festen und geformten Körpern und vor ihrem Übergang auf das formlose Mittel (Luft, Flüssigkeit) als Schallenergie stattfindet. Aber wegen ihrer Verknüpfung mit elektrischen und neuerdings auch optischen Steuerungen in Mikrophonen usw. werden sie erst hier besprochen.

Die technische Ausgestaltung der Geräte, die als Schallerreger oder als Schallsender erzwungene oder elektrisch gesteuerte Bewegungen in Schaltschwingungen umformen sollen, ebenso derjenigen, die als Schallempfänger die empfangenen Schwingungen, z. B. in elektrische Steuerströme, verwandeln sollen, richtet sich nach deren besondrem Zweck. Wenn sie auch alle nach ähnlichen Grundsätzen arbeiten, so hängt ihr Entwurf doch wesentlich davon ab, ob sie in einfachster Ausführung lediglich zur Signalabgabe oder -entgegennahme dienen sollen oder ob sie gegenseitigen Sprechverkehr ermöglichen oder schließlich Musik und Sprache einem größeren Zuhörerkreis übermitteln sollen. Im ersten Falle kommt es im allgemeinen nur darauf an, daß gesteuerte Signaltöne erzeugt und auf möglichst große Entfernung hin wahrgenommen werden können. Im zweiten und dritten Falle werden Schallschwingungen in einem Empfangsgerät in elektrische Ströme oder Schwingungen umgewandelt; im zweiten Fall ist lediglich die Verständlichkeit des Empfangs durch das Ohr das Maß für die Güte der Übertragung, während es grundsätzlich gleich ist, ob der Charakter sämtlicher Oberschwingungen vollkommen erhalten bleibt, so daß es im wesentlichen auf die Lautstärke, weniger auf Verzerrungen und Störungen ankommt. Im dritten Fall ist möglichst klanggetreue, also gleichwertige Übertragung aller Schwingungen und Oberschwingungen ohne Störungen erwünscht.

Mechanische Schallerreger sind als eine Art Schaltwerke oder Schalttriebe bereits zusammengesetzte Gebilde, die entweder auf dem veränderlichen Widerstand der trockenen Reibung beruhen (Saiten) oder auf dem Stoß auf schwingende Speicher oder auf der veränderlichen Wirbelablösung in der Strömung (Blas- und Zungeninstrumente) sämtlich in Verbindung mit Resonatoren, die man als Speicher für eine bestimmte Wellenlänge auffassen kann. Die näheren Angaben über die mechanischen und die elektrisch gesteuerten Schallerreger (unter Zurückführungen auf den sogenannten Tonpilz und Tonraum) sind Sache des Physikers bzw. des Sonderfachmannes, der nur die technische Ausführung dem Konstrukteur überläßt.

Wie die Fortschritte der Elektrotechnik wegen der uns hierfür fehlenden Sinne ohne ein ausgebildetes Meßwesen überhaupt nicht denkbar wären, so sind auch für die weitere Ausgestaltung der Schallerreger, Schallsender und Schallempfänger und zur Beurteilung ausgeführter Geräte Schallmeßgeräte von besonderer Wichtigkeit, die einerseits die Schallform (Oszillatoren), anderseits die Schallstärke zu messen gestatten. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die mechanisch gemessene physikalische Schallstärke sich von der durch das Ohr wahrgenommenen physiologischen Schallstärke unterscheidet. Solche Meßgeräte haben bereits große Bedeutung erlangt[7]).

Die Leitung und Umformung der Schallenergie kann man nur von dem Gesichtspunkt aus betrachten, daß es sich um mechanisch erzeugte und gesteuerte Schwingungsenergie handelt und daß ihre Leitung und Umformung daher nur in geringem Maße möglich ist. Wohl aber läßt sie sich durch Widerstände von mehr oder weniger großer Dämpfungsfähigkeit in ihrer Stärke und vornehmlichen Richtung beeinflussen. Ferner handelt es sich um die Leitung der Schallschwingungen durch feste Körper, Flüssigkeiten oder Gase in Abhängigkeit vom jeweiligen Medium.

Wie Blenden und absorbierende Schichten in der Lichttechnik als Widerstände angewandt werden, so lassen sich auch in der Schalltechnik Klappen (z. B. bei Grammophonen und Musikinstrumenten) oder schallabsorbierende Schichten benutzen.

Während früher akustisch arbeitende Geräte sich fast nur auf die als Musikinstrumente bekannten Schallerreger beschränkten, haben sie heute als Unterwasserschallsender und -empfänger[8]), Echolot[9]), Entfernungsmesser von Geschützstellungen, Schallmesser von Herzgeräuschen, Mikrophon, Grammophon, Telephon, Lautsprecher im Rundfunk und im Tonfilm[10]) usw. eine derartige Bedeutung erlangt, daß sich auch der Ingenieur mit ihrer Konstruktion befassen muß und eine Sammlung aller einzelnen Bauelemente auch hier von großem Vorteil sein kann.

Bei den akustischen Hilfsmitteln spielen aber die, die die Verbindung zwischen Gerät und Mensch passiv (Mikrophon) oder aktiv (Telephon, Lautsprecher, Grammophon usw.) herstellen, eine so große Rolle, daß hier auf ihre Behandlung in einem späteren Aufsatz hingewiesen werden muß. [B 2109]

[7]) Vergl. Barkhausen, Neuer Schallmesser für die Praxis. Z. f. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 599; Z. Bd. 71 (1927) S. 1471.
[8]) Z. Bd. 64 (1920) S. 805 u. Bd. 65 (1921) S. 450.
[9]) Z. Bd. 70 (1926) S. 316 u. Bd. 71 (1927) S. 1245.
[10]) Z. Bd. 70 (1926) S. 199.

Ausbildung in der feinmechanischen Technik

Von Prof. Dr. Kutzbach, Dresden, Techn. Hochschule

Die Entwicklung der feinmechanischen Industrie in Deutschland verlangt entsprechende Schulung des Nachwuchses. Dazu bieten die neuen „Bauelemente der Feinmechanik" die besten Unterlagen. Wichtig für den Unterricht ist wegen der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der Gebiete eine gemeinsame Ordnungsgrundlage, auf der weitere Stoffsammlungen zu erfolgen hätten. Andeutung einer solchen Grundlage für die gesamte Maschinen- und Gerätetechnik. Dadurch wird der Feinmechanik-Unterricht an Hochschulen wesentlich erleichtert und kann sich auf Konstruktionsübungen beschränken, die ohne Mehrbelastung des Studierenden an die Stelle für ihn weniger wertvoller Übungen treten können.

Zur Entwicklung der feinmechanischen Technik

Deutschland leidet unter seiner großen Einfuhr von Rohstoffen und Lebensmitteln, der nur eine kleine Ausfuhr gegenübersteht. Soll das Land nicht infolge einer dauernd passiven Handelsbilanz verarmen, so bleibt nichts übrig als Arbeit, und zwar körperliche und geistige Arbeit, in immer höherem Maße auszuführen. Ich wüßte kein Erzeugnis der deutschen Technik, das dafür geeigneter wäre, als die Werke der feinmechanischen Technik, zu deren Herstellung wenig Werkstoff und mechanische Energie, aber um so mehr körperliche und vor allem geistige Arbeit verbraucht werden. Keine Industrie bedarf darum so sehr der liebevollen Pflege und der dauernden Beachtung der Ingenieure und Wirtschaftler, wie diese, die sich bisher unbemuttert von den Schulen des Landes herrlich entwickelt hat, so daß wir heute von einer besondern Blüte der deutschen feinmechanischen Industrie sprechen können. Franke hat bereits vor drei Jahren in seinem bedeutungsvollen Aufsatz „Massenfertigung und Schulungswesen"[1]) darauf hingewiesen, daß nach der Berufstatistik damals in Deutschland 300 000 bis 350 000 Menschen auf dem Gebiete der feinmechanischen Massenfertigung beschäftigt waren gegenüber 600 000 bis 650 000 im Großmaschinenbau. (In einzelnen Ländern, z. B. Württemberg, ist der Anteil der Feinmechanik noch größer.) Es ist bei der raschen Entwicklung der feinmechanischen Technik der Nachrichtenmittel, der Meßtechnik, der Bureaumaschinen, der Funktechnik, der Lichtbild- und Laufbildtechnik, der Bildübertragung der Reproduktionstechnik usw. selbstverständlich, daß der Umsatz der feinmechanischen Industrie dauernd steigt. Schon lange fühlte sie infolgedessen, daß ihr der Nachwuchs an vorgebildeten Technikern und Ingenieuren fehlte, da es keine Schulen gab, in denen die Konstruktionen der Feinmechanik genügend berücksichtigt wurden.

Dazu kommt, daß in der feinmechanischen Technik, wie wohl kaum in einem andern Teil des Maschinenbaues, das engste Zusammenarbeiten von Konstruktions-, Betriebs- und Vertriebsingenieuren erforderlich ist und man darum verlangen muß, daß die Ingenieure für alle drei Gebiete als allgemeine Grundlage genügende Kenntnis feinmechanischer Bauweisen und Konstruktionen haben, selbst bei ausgesprochener Verwendung im Betrieb oder Vertrieb, damit sie nicht als „technische Krüppel" den allgemeinen Fortschritt lähmen. Dadurch erst ist ein verständnisvolles und reibungsloses Zusammenarbeiten von Konstruktionsbureau, Betrieb und Vertrieb, das auf Teilung der Sorgen und Mitteilung der Erfahrungen begründet ist, möglich. In dieser Erkenntnis vereinigten sich schon bald nach dem Krieg (1922) die Führer der Berliner feinmechanischen Industrie, um Wandel zu schaffen. Zunächst entstand eine „Fachschule für die feinmechanische Industrie"[2]), die nach vorangegangener praktischer Tätigkeit Bureau-, Betriebs-, Vertriebs- und Versuchstechniker sowie Werkmeister in der feinmechanischen Technik weiterbilden soll und deren Absolventen von der feinmechanischen Industrie gern wieder aufgenommen werden.

Hierbei empfand man als schwersten Mangel, daß es an greifbarem und geordnetem Unterrichtstoff fehlte. Wir hatten zahlreiche zusammenfassende Werke über Technologie und Bauteile des Großmaschinenbaues, aber nur Anfänge dieser Art auf dem Gebiete der feinmechanischen Technik. Jeder Lehrer und jeder Bureauleiter mußte für die Anfänger mühsam wieder seinen Stoff sammeln und zurechtlegen, der eine ungeahnte Mannigfaltigkeit zeigte[3]). So entschloß man sich zunächst für eigenen Bedarf einen „Atlas der feinmechanischen Konstruktionselemente"[4]) in einzelnen Tafeln herauszugeben als „Unterlage für den Unterricht an der Fachschule und als Nachschlagewerk für den Konstrukteur". In mühsamer, jahrelanger und wirklich aufopfernder Sammelarbeit entstand so unter der Leitung des Direktors O. Richter von Siemens & Halske ein Werk, das im April 1928 im großen und ganzen abgeschlossen werden konnte. Auf 264 Tafeln enthält es Tausende von ausgeführten Konstruktionen als Beiträge verschiedener Firmen aus dem Gesamtgebiete der feinmechanischen Technik, die heute nur den Kenner ahnen lassen, welche Mühe ihre Aufsuchung, Auswahl, Zusammenstellung und Ordnung machte. Um aber die Unterlagen der Allgemeinheit zugute kommen zu lassen, ist nunmehr das gesamte Material des Atlas in einem Buche: „Bauelemente der Feinmechanik", verarbeitet worden[5]), das eine wahre Fundgrube für jeden Ingenieur und einen Markstein in der wissenschaftlichen Behandlung der feinmechanischen Technik bildet; denn nunmehr ist es möglich, den Stoff, statt sich mit seinem mühsamen Sammeln aufzuhalten, im wesentlichen als vorhanden anzusehen und sich vor allem mit seiner Auswahl und Auswertung zu befassen.

Die Bauelemente der Feinmechanik

Was als Bauelement der Feinmechanik zu gelten hat und dementsprechend in dem genannten Werke behandelt wird, ersieht man am raschesten aus den Beispielen in dem Aufsatz von Dr. Kniehahn über Konstruktionslehre der feinmechanischen Technik[6]). Aber man wird sofort fragen, was für ein anderer als ein Größenunterschied denn zwischen den Bauteilen des Großmaschinenbaues und denen des Feinmaschinenbaues besteht. Dazu ist zu sagen, daß Maschinen, durch die größere mechanische, thermische oder elektrische Energien durchgeleitet werden, ganz andere Sorgfalt in der Berechnung auf Festigkeit, Isolation, dynamische Wirkungen, Strömungs-, Reibungs- und Wärmeverluste verlangen, als solche, bei welchen schwächste Energieströme zur Betätigung genügen. Bei letzteren fragt man nicht nach dem Wirkungsgrad des Energiestroms, sondern nur nach der Genauigkeit der Übersetzung, der Regelung, der Steuerung oder der Anzeige, nach dem Empfindlichkeitsgrad der Meß- und Meldeglieder und nach der Unempfindlichkeit gegen fremde Einflüsse und unerwünschte Störungen. Ferner wird nach allen Möglichkeiten einer wirtschaftlichen Erzeugung gefragt und nur wenig nach dem Preis des Werkstoffs, der gegenüber den Bearbeitungs- und Zusammenbaulöhnen fast ganz zurücktritt. Vergleicht man dementsprechend die Bauelemente der Feinmechanik, bei denen Kräfte, Beanspruchungen und Geschwindigkeiten nur klein sind, mit den Maschinenteilen des Großmaschinenbaues, wo man überall an die Grenzen von Spannung und Geschwindigkeit gehen muß, so versteht man, warum hier fast nichts von den Hauptsorgen des Maschinenkonstrukteurs, von Festigkeitsrech-

[1]) ETZ Bd. 46 (1925) S. 1683.
[2]) Z. Bd. 67 (1923) S. 191.

[3]) Vergl. O. Richter, Konstruktionselemente der feinmechanischen Technik, „Maschinenbau" Bd. 3 (1923/24) S. 723; ferner R. v. Voss, „Werkstattstechnik" Bd. 19 (1925) S. 453.
[4]) Berlin 1928, herausgeg. vom Verein „Fachschule für feinmechanische Technik", e. V. Zu beziehen von der VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus; Preis 150 RM.
[5]) O. Richter u. Dipl.-Ing. R. v. Voss, Bauelemente der Feinmechanik. Berlin 1928, VDI-Verlag. 566 S. m. 1852 Abb. Preis 29 RM (für VDI-Mitglieder 26 RM.)
[6]) S. 1773 dieses Heftes; er ist ein Auszug aus der gleichnamigen Habilitationsschrift, die demnächst im VDI-Verlag erscheinen wird.

nungen, Kurbelwellenbrüchen, Eigenschwingungen von Wellen und Scheiben, Massenwirkungen, Heißlaufgefahr, Wärmerissen, Kolben- und Stopfbüchs-Undichtheiten, Zahnrädergeräusch oder Riemenrutsch die Rede ist. Kurz und gut, die Sorgen und Aufgaben sind anders und fast nur technologischer, kinematischer, meßtechnischer und betrieblicher Natur, diese aber oft in einer Mannigfaltigkeit und Bedeutung, wie wir sie im Großmaschinenbau nicht kennen.

Schon die technologischen Verfahren zur Herstellung feinmechanischer Bauteile sind andre, als im Großmaschinenbau[7]). Da die Formänderungsarbeit eines Werkstückes mit der dritten Potenz der maßstabähnlichen Verkleinerung abnimmt — ist der Maschinenteil und damit die zu verarbeitende Werkstoffmenge 10 mal kleiner, so beträgt die Formänderungsarbeit nur ein Tausendstel — so ging man in der feinmechanischen Technik an möglichst vielen Stellen zur spanlosen Formgebung ganzer Teile durch Prägen, Pressen,. Schneiden und Stanzen über, ferner dort, wo es sich um dauernde Verbindungen handelt, zur formschlüssigen Verbindung durch Verpressen, Vernieten, Bördeln, Sicken, Falzen, Verlappen und dergl., soweit nicht bereits ein Stoffschluß durch Schweißen, Löten, Kitten oder Einbetten möglich war. Auch für die Schweiß- und Lötverbindungen gilt, daß die erforderliche Wärmemenge mit der zweiten bis dritten Potenz der maßstäblichen Verkleinerung abnimmt. Aber auch bei Verbindungen, die zeitweise gelöst werden müssen, hat man vielfach die Keil- und Schraubenverbindungen, die immerhin sorgfältige und teure Bearbeitung verlangen, durch federnde Schnapp-, Sprengring- und Lückenverschlüsse mit Erfolg umgangen, so daß Schrauben mehr und mehr für die *verstellbaren* und nachzuspannenden festen Verbindungen, wo sie als Getriebe wirken, als unvermeidlich übrig geblieben sind.

Der Abschnitt über die festen Verbindungen in den „Bauelementen der Feinmechanik" enthält auf 157 Seiten allein 838 Abbildungen, ein Zeichen für die Mannigfaltigkeit und Wichtigkeit der feinmechanischen Verbindungsformen. Ein Abschnitt über die verwendbaren Werkstoffe mußte vorausgehen, um die Voraussetzungen für die spanlosen Verbindungen zu zeigen.

Auch die beweglichen Verbindungen der Feinmechanik, die Führungen und Lagerungen, unterscheiden sich in manchen Punkten von denen des Großmaschinenbaues. Die Gleitgeschwindigkeiten sind gering, Heißlaufen ist fast unbekannt, nur Abnutzung, Verlagerung im Dauerbetrieb, Ein- und Nachstellbarkeit sind ausschlaggebend, Gelenke sind wesentlich zahlreicher als Lager. So konnte man in dem Buche das Gebiet der beweglichen Verbindungen mit 250 Abbildungen auf 66 Seiten ziemlich erschöpfend behandeln.

Als dritter Abschnitt folgen dann mit 589 Abbildungen auf 332 Seiten die eigentlichen *Arbeitselemente* oder vielleicht besser *Arbeitsorgane* der feinmechanischen Geräte, die Speicher, die Leitungen und Umformer (Getriebe) aller Art, im Buche unter dem Namen *Treibmittel* zusammengefaßt und als Kraftspeicher und Kraftleiter gruppiert. Während die Leitungen selbst keine allzugroße Rolle spielen, da man stets so rasch wie möglich von Getriebe zu Getriebe weiter schreitet, sind die Koppel- und Kurventriebe, einschl. der Reib- und Zahngetriebe, von größter Wichtigkeit und Mannigfaltigkeit. Auch die Schaltwerke, die bereits kleine Maschinen mit mehreren Organen darstellen (jede Kolbenpumpe ist ja ein Schaltwerk), werden in diesem dritten Abschnitt behandelt.

Im vierten und letzten Abschnitt folgen eine Reihe von Elementen, die man vielleicht als *Anpassungsorgane* bezeichnen kann. (Genau genommen gehörten dazu allerdings auch alle ein- und ausrückbaren Kupplungen oder Leitungsschalter und auch die Bedienungsorgane, da diese ja meistens zum Regeln, Steuern oder „Anpassen" im weitesten Sinne des Wortes nötig sind. Aber man wird über solche Einordnungsfragen, die mehr Zweckmäßigkeitsfragen für das leichte Auffinden sind, immer verschiedener Meinung sein können.) In diesem Abschnitte, der 173 Abbildungen enthält, ist auf 90 Seiten eine Sammlung wertvoller Getriebe behandelt worden, die unter den Titeln „Feststellungen" und „Geschwindigkeitsregler" untergebracht sind. Die „Feststellungen" enthalten Bremsen, Rastwerke, Verriegelungen und Gesperre, die „Geschwindigkeitsregler" wiederum Bremsregler, Hemmregler und Dämpfungen (= Widerstände).

Seit dem Erscheinen der Werke von *Reuleaux* ist m. W. kein Werk im deutschen Buchhandel erschienen, das die Getriebe und Regelorgane des Feinmaschinenbaues in dieser Vollständigkeit und Sorgfalt behandelte, und wenn es vielleicht auch an manchen Stellen noch an der systematischen und kinematischen Durchleuchtung fehlen mag, so ist das gegenüber dieser Fülle des gesammelten Stoffes nur ein Schönheitsfehler.

Man könnte an verschiedenen Stellen des Werkes eine noch eingehendere Stellungnahme und Kritik zu den nebeneinander mitgeteilten Konstruktionen wünschen, doch würde dies meistens eine Platzverschwendung bedeuten. Ist doch die *beste* Lösung von Fall zu Fall, je nach der Fertigungsmenge, dem Verwendungszweck, den Einrichtungen und Gewohnheiten der Werkstätten oft so verschieden, daß die Verfasser es vorzogen, verschiedene brauchbare Lösungen zur kritischen Auswahl zu zeigen, als nur *eine* anscheinend beste Lösung herauszusuchen, die in dem betreffenden Falle doch nicht die richtige ist. (Gänzlich veraltete Konstruktionen wurden natürlich von vornherein ausgemerzt.) Gerade die Mannigfaltigkeit der Beispiele ist die Stärke dieses Werkes.

Zusammenfassend möchte ich sagen, daß ich das Erscheinen dieses Buches „Bauelemente der Feinmechanik" als eine Tat von größter praktischer Bedeutung für die Ausbildung der Konstrukteure und damit der eigentlichen Triebfedern in der feinmechanischen Industrie halte. Es wäre erwünscht, wenn auch auf den Sondergebieten des Großmaschinenbaues ähnlich durchgearbeitete und geordnete Sammlungen erschienen. Der Unterricht an Hochschulen und Fachschulen würde dadurch wesentlich erleichtert, da er vom Stofflichen entlastet, sich mehr dem *Wesentlichen* und den schwierigen Aufgaben widmen könnte.

Feinmechanische Technik als Unterrichtsfach

Die Frage, in welcher Weise man die feinmechanische Technik nunmehr als Unterrichtsfach an den Fachschulen, insbesondere aber an den Hochschulen betreiben soll, ist nicht ganz einfach zu beantworten. Aber der Bedarf an Technikern und Diplom-Ingenieuren ist in der feinmechanischen Industrie zur Zeit so groß[8]), daß es geboten scheint, auf ihre konstruktive Vorbildung bereits an den Schulen besondre Rücksicht zu nehmen.

Was braucht nun der Konstrukteur der Feinmechanik? Zunächst eine gewisse Umstellung der „Maschinenelemente" auf die Größenordnung und die Bedingungen des Feinmaschinenbaues, eine Umstellung, die allein aber auch genügend durch *Übungen* erworben werden kann, dabei eine Vertiefung in die besonderen Anpassungsorgane des Feinmaschinenbaues, die als Schalttriebe, Schaltwerke, Verstärker, Bremsregler, Hemmregler und dergl. besonders in allen gesteuerten und in den selbsttätigen Geräten angewendet werden. Dazu kommen infolge der Einschaltung des Menschen in die Maschine die mechanischen Verbindungsmittel von Mensch zum Gerät (Bedienungsmittel) und die optischen und akustischen Meldemittel vom Gerät zum Menschen, die bei ihrem sehr kleinen Energiebedarf als das große Gebiet der *Meßgeräte* in der Feinmechanik eine besonders große Rolle spielen. Während aber in den Übungen für Maschinenelemente einzelne Organe, z. B. Lager, Zahnradgetriebe, Kurbeltriebe, Kupplungen und dergl., für sich entworfen, genügend Übungsstoff abgeben, wäre in den Übungen in feinmechanischer Technik nur immer eine Summe von Organen in ihrem Zusammenbau, oft

[7]) Näheres in dem genannten Aufsatz von Dr.-Ing. *Kniehahn* auf S. 1773 dieses Heftes.

[8]) Ein einziges Berliner Werk der Feinmechanik hat vom 1. Januar bis 1. Oktober 1928 allein 146 Diplom-Ingenieure und 323 Fachschulabsolventen für das Konstruktionsbureau, das Versuchsfeld und den Betrieb neu eingestellt.

sogar ein ganzes Gerät von Interesse. Dazu gehört nicht nur die Kenntnis der zwangläufig arbeitenden Organe, die natürlich als Bauelemente immer den Grundstock bilden werden, und Kenntnis der Schwingungserreger und Schwingungsträger aller Art, es sollte vielmehr eine ganz allgemeine Konstruktionslehre geschaffen und gepflegt werden, die es ermöglicht, in allen Aufgaben der Feinmechanik, seien sie elektrotechnischer, optischer, akustischer oder getrieblicher Natur, konstruktiv mitarbeiten zu können. Im Augenblicke der technischen Verwendung physikalischer Erscheinungen wird eben der Physiker vom Techniker abgelöst. Wenn auch die physikalische Lösung der Aufgabe und die Erprobung und Berechnung der elektrischen, optischen oder akustischen Organe oder Vorgänge zunächst als Aufgabe eines Sondergebietes nicht in die Übungen der feinmechanischen Technik gehört, so muß doch der Ingenieur, der hinter dem Physiker und Erfinder und vor dem Kaufmann steht (auch wenn er alle vier Personen in sich vereinigt), lernen, wenn ihm die Aufgabe und die Daten der Organe gegeben sind, das Gerät in technisch brauchbare und wirtschaftlich zweckmäßigste Formen zu bringen. Besonders muß er bei Änderung bestimmter Bedingungen die geeignete Änderung des Gerätes vornehmen können, eine Aufgabe, die in der Praxis am häufigsten vorkommt und sich zur Einübung der Anfänger am besten eignet.

Allgemeine Konstruktionslehre der feinmechanischen Technik

Um den oben angedeuteten Gedanken der allgemeinen Konstruktionslehre etwas näher auszuführen, möchte ich folgende Überlegungen zugrundelegen.

Da alle Technik mit Stoff und Energie arbeitet, wobei der Stoff als Energieträger innerhalb der Maschine beim Wechsel der Energieform stets ein anderer, ja sogar hypothetisch sein kann, während die Energie sich zwar in den Haupt- und Nebenorganen verzweigt und ihre Bewegungsform oder ihren Ort ändert, ihrer Gesamtgröße nach aber unveränderlich ist, so wird man bei einer einheitlichen logischen Ordnung der maschinentechnischen Gebilde von der Orts- und Formänderung der Energie und nicht des Stoffes ausgehen. Jede Energie kann gespeichert, fortgeleitet und umgeformt werden. Die Organe, welche diese drei Vorgänge der Orts- und Formänderung: die Speicherung, Leitung oder Umformung zwangläufig bewirken, die „Arbeitsorgane" der Maschinen (im weitesten Sinne) werden in mannigfaltigster Weise in Geräten oder Maschinen miteinander verbunden[9]).

Die mechanischen Speicher (Feder, Druckzelle und Gewicht als statische Speicher, Schwungmasse und Wirbel als dynamische Speicher, Freischwinger aller Art, Schallwellen und akustische Resonatoren als statisch-dynamische Speicher) stehen neben den elektrischen (Kondensator, Spule, Magnet, Speicherzelle), den thermischen (Wärme- und Lichtquellen) und den chemischen Speichern, z. B. Brenngemischen, auf einer Stufe.

Die Leitungen, die immer eine Speicherfähigkeit voraussetzen, können durch Bewegungsfortpflanzung, „Undulation", oder Ortsveränderung, „Emission" arbeiten[10]). Mechanische Leitungen sind beispielsweise einerseits die zwangläufig arbeitenden Wellen- und Gestängeleitungen und die freie Schalleitung durch Luft- und Körperschall, anderseits die geschlossene Rohrleitung. Thermische und elektrische Leiter sind gutleitende Stoffe, optische und andre Strahlungsleiter die strahlendurchlässigen Körper.

Auch die zahlreichen Organe zur Änderung der zugrunde liegenden Bewegungsform (Richtung, Stärke, Art und Träger der Bewegung) können wieder in der einen großen Gruppe der Umformer zusammengefaßt werden. Man denke da an die mechanisch wirkenden Wälz-, Kurven- und Koppeltriebe, die Zugmittel- oder Hülltriebe, die Leit- und Laufschaufeln, Düsen und Diffusoren; an das elektromagnetische Feld als speichernden Umformer oder Umwandler von elektrischer in mechanische Energie, an die Spannungsumformer der Elektrotechnik und die Flamme als chemisch-thermischer Energiewandler. In der Optik kann die Richtung und Form der Strahlenbündel durch Linsen und Spiegel umgeformt werden, die Schwingungszahl durch Fluoreszenzschirme, usw.

Wie diese Arbeitsorgane, so können auch die Anpassungsorgane für die gesamte Technik einheitlich geordnet werden als die Organe, die zur Reglung und zur Steuerung von außen, also zur wechselnden Ein- und Ausschaltung und zur Leistungsänderung in den einzelnen Arbeitsorganen je nach dem Willen des Menschen oder dem Wechsel von Zuständen dienen. Eine besonders wichtige Rolle spielen dabei Meß- und Meldeorgane, die die Meßreize oder irgendwelche willkürlichen Steuerbetätigungen (durch Schalt- oder Widerstandorgane) auf die Sinnesorgane des Menschen unmittelbar oder mittelbar übertragen sollen. Die gesamte Fernsprech-, Fernschreib- und Fernbildtechnik beruht auf Geräten, deren Drahtleitung oder drahtlose Leitung durch Steuerorgane beeinflußt wird, um ihren Mitteilungsinhalt durch Meldeorgane dem Menschen zu vermitteln. Auch hier läßt sich das gesamte Gebiet der feinmechanischen Technik unter wenigen einheitlichen Gruppen ordnen und so dem Konstrukteur in übersichtlicher Form übermitteln.

Wenn ein solches System, das ich nur in großen Zügen andeuten konnte, als Ordnungsgrundlage für die gesamte feinmechanische Technik und ihre so wichtige Stoffsammlung benutzt wird[11]), so wird es möglich sein, die Konstruktionsübungen in der feinmechanischen Technik besonders wirkungsvoll und abwechslungsreich zu gestalten und dadurch dem Studierenden, gleichgültig ob er Konstruktions-, Betriebs- oder Vertriebsingenieur werden will, die notwendige Übersicht, Beweglichkeit und die Möglichkeit geben, sich in allen Nachbargebieten rasch zurecht zu finden und die Stoffsammlungen, zu denen in den „Bauelementen der Feinmechanik" ein so mustergültiger Anfang gemacht wurde, in bester Weise auszuwerten. Selbstverständlich kann nur eine praktisch erfahrene Kraft solche Übungen leiten. Wird dann gleichzeitig in den Vorlesungen über Technologie, Maschinenelemente, Fabrikbetrieb, Physik, Elektrotechnik und Schwachstromtechnik auf Bau und Konstruktion der Geräte und Feinmaschinen genügend hingewiesen, so wird es sogar möglich sein, auf besondere Vorlesungen über feinmechanische Konstruktionen, die doch in der Hauptsache nur eine Stoffübermittlung bedeuten würden, zu verzichten und die Selbständigkeit in den Übungen dadurch zu erhöhen, daß der Studierende sich aus der Fülle des Stoffes die geeignetsten Lösungen und Kombinationen zur Lösung seiner Aufgaben kritisch heraussuchen muß. Werden durch solche in den letzten Semestern als Wahlfach einsetzenden Konstruktionsübungen andre, die für den Feinmaschinenbau weniger wertvoll sind, ersetzt, so bedeutet diese Einrichtung eine der heutigen Zeit entsprechende Anpassung der Schule an den Fortschritt der Technik ohne Mehrbelastung des Studierenden. Und damit dürfte allen Beteiligten gedient sein. [B 2188]

---

[9]) Vergl. Kutzbach, Systematik der Maschine, Z. Bd. Bd. 71 (1927) S. 1200, und die Einteilung der Maschinenteile, „Hütte", 25. Aufl., 2. Bd. S. 27.

[10]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich erwähnen, wie wertvoll es für unsre lernende Jugend wäre, wenn der Maßstab jeder Energieleitung, die mittlere Leistung auf 1 cm², soweit wie möglich in einem Maßsystem, z. B. dem elektrischen (kW, W, mW) gemessen würde statt in mkg/s, PS und kcal/m²h u. a. m. Man könnte sich dann leicht merken, daß eine Benzinleitung bei 1 m/s Geschwindigkeit fast 6000 kW/cm², eine Druckwasserleitung bei 100 at und gleicher Geschwindigkeit nur 1 kW/cm², eine Dampfturbinenwelle mit einer Schubbeanspruchung von 400 at bei 1 m/s Umfangsgeschwindigkeit ebenfalls 1 kW/cm² übertragen könnte. Die Wärmeleitung einer Dampfkesselwand beträgt im Mittel nur 1 bis 3 W/cm², die einer Dieselmotorwand bis zu 25 W/cm², während die Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche noch nicht 0.2 W/cm² enthält. Die Energieleitungsdichte optischer, elektrischer und akustischer Schwingungen, müßte bereits in mW/cm² und μW/cm² gemessen werden. In ähnlicher Weise könnte für die Energiespeicherung der einheitliche Maßstab kWh/kg oder Wh/kg benutzt werden, wonach z. B. 1 kg Benzin bis zu 12 kWh enthält, von denen bei 25 vH Wirkungsgrad 3 kWh in mechanische Energie verwandelt werden.

[11]) Der Aufsatz von Dr.-Ing. Kniehahn auf S. 1773 dieses Heftes, der weitere Belege in der angedeuteten Richtung bringt, stellt einen Anfang zu einer solchen Sammlung dar.

Neue Richtlinien für den Bau elektrischer Meßgeräte

Von Prof. Dr.-Ing. Georg Keinath, Berlin-Charlottenburg

(Hierzu Bildblatt 44 und 45)

Es wird die Entwicklung der Meßgeräte hinsichtlich der verwendeten Meßwerke, der Herstellungsweise und der Formgebung besprochen, auch die Fortschritte in der Steigerung der mechanischen und elektrischen Betriebsfestigkeit werden gezeigt. — Von den neuen Aufgaben der Meßgerätetechnik werden besonders die Rieseninstrumente und die Messung auf große Entfernungen erwähnt und die dabei z. Zt. benutzten Verfahren kurz beschrieben. — Bei den Meßwandlern wird die Entwicklung hinsichtlich der Bauformen und der erreichten Genauigkeit geschildert.

Mit der schnellen Entwicklung der gesamten Elektrotechnik hat auch die der elektrischen Meßgeräte Schritt gehalten. In den letzten zehn Jahren sind in der Auswahl der Meßwerke, in der Herstellungsweise, der Steigerung der Betriebsfestigkeit und durch das Auftauchen neuer Aufgaben ganz erhebliche Änderungen eingetreten, und es lohnt sich, die neueste Entwicklung und den heutigen Stand der Technik zusammenfassend zu überblicken. Der Ingenieur wird durch die meisten Bücher nur unvollkommen unterrichtet; denn sie stehen oft trotz neuester Auflage auf dem Stande der Technik der Vorkriegsjahre, und Einzelabhandlungen geben auch kein umfassendes Bild.

Auswahl der Meßgeräte

Das Drehspulinstrument mit Dauermagnet ist das einzige Zeigermeßgerät, das nach der ersten, nunmehr rd. 40 Jahre zurückliegenden Ausführung, die von Dr. E. Weston stammt, heute grundsätzlich noch ebenso gebaut wird. Die Verbesserungen seitens der Firma, die es zuerst herstellte, und den vielen andern, die das Vorbild übernommen haben, haben das Instrument zwar wesentlich vervollkommnet, aber im Grunde nur unbedeutend verändert. Auch die Meßgenauigkeit ist in den letzten Jahren kaum gesteigert worden. Die allerbesten Ausführungen kommen unter Aufbietung aller Sorgfalt in der Herstellung der Einzelteile und der Eichung auf rd. 0,1 vH vom Höchstwert, und man hat damit das genaueste aller Zeigermeßgeräte. Die Verwendung des Drehspulmeßwerks für Schalttafeln geht zurück, einmal weil die Gleichstromanlagen allgemein zurückgehen, dann weil an vielen Stellen für Stromstärken bis zu 300 A und Spannungen bis zu 600 V die billigeren, praktisch ebenso guten Dreheiseninstrumente Anwendung finden. Wegen ihres niedrigen Eigenverbrauchs sind aber Drehspulinstrumente unersetzbar für die meisten Anwendungen in der Wärmetechnik, zum Anzeigen von Temperaturen, zu Fernmessungen usw. Auf diesem Gebiet war die Aufgabe zu lösen, wärmefeste Instrumente zu bauen, die Raumtemperaturen von 60° bis 80° standhalten können, ohne Schaden zu leiden oder falsch zu zeigen. Zu diesem Zweck mußte besonders der bewegliche Teil wärmefest hergestellt werden, mehr eine Aufgabe und Lösung der Fertigung als der Konstruktion.

Das Dreheiseninstrument hat in seiner Bauweise viele Wandlungen durchgemacht; es sind nur zwei Ausführungen im Laufe der Zeit übrig geblieben: die mit Flachspule, die von Siemens & Halske eingeführt wurde, und die Ausführung mit Rundspule, als Ein-Eisen-Instrument, zuerst von Hummel und von Schuckert gebaut, als neuzeitliches Zwei-Eisen-Instrument erstmalig von Hartmann & Braun eingeführt. Die meisten Firmen bauen die Dreheiseninstrumente heute mit Rundspulen. Für den Benutzer sind bei der üblichen Verwendungsweise beide Bauarten hinsichtlich Genauigkeit und Betriebsfestigkeit gleichwertig. Erst bei Mittelfrequenz wird das Flachspulinstrument besser. Dies braucht weniger Werkstoff, ist aber nicht so einfach im Aufbau wie das Rundspulinstrument. Die erreichbare Genauigkeit beträgt bisher bei Gleichstrom wegen der Hystereseerscheinungen rd. ± 1,5 vH vom Höchstwert, bei Wechselstrom lassen sich mit den Strommessern leicht Genauigkeiten von ± 0,5 vH erreichen, bei Spannungsmessern wegen der Anwärmefehler rd. ± 1 vH, die man aber unter Erhöhung des Eigenverbrauchs auch auf ± 0,5 vH herabsetzen kann. Bei bester mechanischer Ausführung sind Dreheiseninstrumente für Wechselstrommessungen solchen elektrodynamischer Bauart, eisenlos und eisengeschlossen, unbedingt als gleichwertig anzusehen, zu zweit- und drittklassigen Instrumenten können sie nur werden infolge mangelhafter Konstruktion und Herstellung. Man darf aber nicht das Meßverfahren als minderwertig bezeichnen.

In neuester Zeit besteht Aussicht, die Dreheiseninstrumente durch Verwendung der nahezu hysteresefreien Nickel-Eisen-Legierungen auch für Gleichstrom auf Genauigkeiten von 0,3 bis 0,5 vH vom Höchstwert zu bringen, es läßt sich aber noch nicht sagen, ob diese Genauigkeit auf die Dauer eingehalten werden kann. Für Wechselstrom lassen sich mit solchen Instrumenten (bei Eichung mit gewendetem Gleichstrom) bei sorgfältigster Bauweise noch Fehlergrenzen von nicht mehr als 0,2 bis 0,3 vH vom Höchstwert einhalten.

Die elektrodynamischen Instrumente, zu unterscheiden in eisenlose und eisengeschlossene Bauarten — die geschirmten haben kaum Bedeutung —, sind als eisenlose Feinmeßgeräte im wesentlichen unverändert geblieben, die eisengeschlossenen Ausführungen finden mehr und mehr Anwendung, weil sie hohe Richtkraft mit guter Genauigkeit vereinigen, aber nur als Leistungsmesser; als Strom- und Spannungsmesser sind ihnen die Dreheiseninstrumente an billigerem Preis und Genauigkeit überlegen, an Drehmoment (für schreibende Meßgeräte) aber leider nicht. Die elektrodynamischen Meßwerke finden aber mehr und mehr für Relais Anwendung und verdrängen auf diesem Gebiete das Drehfeldmeßwerk, das frequenz- und temperaturabhängig ist. Das Drehfeldinstrument ist heute als Schalttafelinstrument fast allgemein verlassen worden, trotzdem es sich im Betriebe ausgezeichnet bewährt hatte. Als Strom- und Spannungsmesser werden heute Dreheiseninstrumente benutzt, die nur ¼ bis ⅙ des Preises für Drehfeldinstrumente kosten und dabei wesentlich genauer sind; als Leistungsmesser verwendet man Eisenschluß-Elektrodynamometer. Nur ganz wenige Firmen halten noch am Drehfeldinstrument fest. Durch Kunstschaltungen ist es möglich, den Temperatureinfluß auf einen sehr kleinen Wert herabzudrücken.

Die Hitzdrahtinstrumente haben sich nur für Hochfrequenzmessungen behauptet, auch auf diesem Gebiete werden sie in neuester Zeit durch Gleichstrominstrumente in Verbindung mit Thermo-Umformern (Thermokreuze usw., Ausführungen der Weston Instrument Co.) ersetzt, die niedrigeren Eigenverbrauch haben und sich durch Gleichbleiben des Nullpunktes bei geänderter Umgebungstemperatur und nach Überlastung auszeichnen. Für Sonderzwecke ist ein neues thermisches Meßgerät, der Bimetall-Strommesser, durchgebildet worden, von Siemens & Halske in Verbindung mit einem eingebauten Stromwandler als kurzschlußfestes Schleppzeigerinstrument und als Strom- und Spannungsschreiber, von den Siemens-Schuckertwerken als Höchstverbrauchanzeiger zur Stromverrechnung. Bei diesen Verwendungsarten ist die träge Zeigereinstellung erwünscht und wird sogar angestrebt. Die Kurzschlußfestigkeit erzielt man durch einen geeigneten Vortransformator.

Die elektrostatischen Instrumente verlieren mehr und mehr an Bedeutung. Für Wechselspannungsmessungen werden sie (mit Ausnahme des absoluten Elektrometers nach Palm) überhaupt nicht mehr verwendet, nur als Gleichspannungsinstrumente zur Messung hochgespannter Gleichströme. Die meisten Firmen haben die Herstellung elektrostatischer Spannungsmesser ganz eingestellt. Einen gewissen Ersatz bildet die „C-Messung", bei der der Ladestrom einer in ein Wechselspannungsnetz eingebauten Kondensatordurchführung zur

RZ1994Z7

Abb. 7
Schreibapparat für Aufbau auf eine Schalttafel.

Abb. 7 und 8
Staub- und spritzwasserdichte Aluminiumgußgehäuse für empfindliche Meßgeräte. Zwischen Kappe und Sockel liegen Gummidichtungstreifen.

RZ1994Z8

Abb. 8 (rechts)
Temperaturregler mit verstellbarem Kleinst- und Höchstwertkontakt.

Spannungsmessung benutzt wird, eine Ausführung, die der Verfasser vor sechs Jahren vorgeschlagen hat, die in Deutschland vielfach angewendet wird und erst vor kurzer Zeit in den Vereinigten Staaten von Amerika als neu beschrieben worden ist.[1])

Neue Herstellungsweise elektrischer Meßgeräte

Beim Aufbau der Meßwerke verwendet man heute zur Ersparnis von Arbeitslöhnen in weitgehendem Maße Teile aus Spritzguß, neuerdings aus dem besonders billigen und mechanisch sehr widerstandfähigen Aluminiumspritzguß. Abb. 1[2]) zeigt ein neuzeitliches eisengeschlossenes elektrodynamisches Wattmeter. Der eigentliche runde Gehäuseboden ist aus dickem Eisenblech gezogen. Auf ihm ist die eigentümlich geformte Montageplatte aus Aluminiumspritzguß befestigt, die Spulenkörper sind versenkt angeordnet, oben sind nur die gleichfalls gespritzten Dämpfungskammern angesetzt. Unten ist der Klemmklotz aus gepreßtem hochwertigem Isolierstoff eingesetzt, der für eine Prüfspannung von 2000 V zwischen den Klemmen bemessen ist, und zwar so sicher, daß der Überschlag erst bei rd. 5000 V stattfindet. Abb. 2 zeigt die neueste Ausführung der geradlinigen Flachinstrumente mit Meßwerkbock aus Spritzguß und Gehäuse aus Aluminium-Kokillenguß. Bei den üblichen Herstellungszahlen von Meßinstrumenten, 100 bis 300, selten 1000 und mehr Stück gleichzeitig, wo sich die Beschaffung teurer Arbeitseinrichtungen anscheinend nicht lohnt, werden vielfach, trotz verhältnismäßig hoher Werkzeugkosten, Spritzgußformen oder Preßformen angewendet, um ein sehr gleichmäßiges Erzeugnis zu erhalten und um die bei der alten Herstellungsweise des Zusammensetzens aus vielen gedrehten oder gestanzten Einzelteilen sehr hohen Löhne für das Zusammenpassen der Teile zu vermindern.

Bei den Gehäusen ist man endlich auch dem Zug der Zeit gefolgt und hat auf die Anwendung vernickelter Zierleisten auf schwarzem Grund verzichtet, nachdem diese Ausführung schon vor etwa zwanzig Jahren die heute unschön und geschmacklos anmutenden gelben Messingkappen und Messing-Einbauringe überholt hatte, eine Bauweise, die noch in der Zeit berechtigt war, als man Kappen und Ringe einzeln abdrehte und polierte. Die heutige Ausführung zeigen Abb. 3 bis 5; sie brachte bei einer erheblichen Verbilligung der Gehäuse noch den Vorteil, daß die Abdichtung des Meßwerks gegen Staub wesentlich verbessert wurde. Die formschöne Ausführung des gezogenen Blechgehäuses für ein Feinmeßgerät zeigt Abb. 6. Hier sind „Sockel" und „Kappe", die früher getrennt waren, zu einem einzigen Stück vereinigt worden. Das vollständige Meßwerk wird von unten eingeschoben. Kostbare und empfindliche Meßgeräte werden durchweg in staub- und wasserdichte Aluminium-Gußgehäuse eingebaut, wie sie Abb. 7 und 8 zeigen.

Eine weitere Umgestaltung der Meßinstrumentenfertigung hat die Verwendung von Isolier-Preßteilen mit hochglanzpolierter Oberfläche gebracht. Nach manchen anfänglichen Schwierigkeiten stellt man jetzt ganze Gehäuse aus diesen Bakelitmassen her, um die teure Tischlerarbeit und die unzähligen Schwierigkeiten bei der Verwendung der nie ganz zur Ruhe kommenden Holzarten zu vermeiden. Hier kann man viel eher „auf schöne Form" konstruieren als bei Holzkästen. Abb. 9 und 10 zeigen die Gehäuse der neuen Siemens-Feinmeßgeräte, die wohl gegenwärtig als die schönsten in ihrer Art angesprochen werden. Sie haben den Vorteil hochwertiger Isolierung; in chemischen Betrieben verwendet man auch für Schalttafelinstrumente solche Isoliergehäuse, weil sie säurefester sind als die aus Eisen oder gar aus Leichtmetall. Die Wirtschaftlichkeit der Anwendung solcher Gehäuse ist, wenn das Preßwerkzeug konstruiert ist, nur eine Frage der Stückzahl. Schon bei 1000 Stück, sogar auf 2 bis 3 Jahre verteilt, ist das gepreßte Isoliergehäuse wirtschaftlicher als das Holzgehäuse.

Steigerung der Betriebsfestigkeit[3])

Wenn wir zunächst von der rein mechanischen Festigkeit gegen Stöße und Erschütterungen sprechen, so ist bei einem elektrischen Meßgerät, einem selbstschreibenden Gerät oder einem Relais die Konstruktion des beweglichen Teiles von ausschlaggebender Bedeutung. Der Verfasser hat schon vor acht Jahren, damals abweichend von der üblichen Rechenweise, für den mechanischen Gütegrad eine neue Formel gegeben:

$$\text{Gütegrad } \gamma = \frac{10 \times \text{Drehmoment auf je } 90^\circ \text{ (gcm)}}{\text{Gewicht des beweglichen Organs}^{1,5} \ (g)}.$$

Diese Formel hat sich ausgezeichnet bewährt und wird heute allgemein anerkannt. Als normale Werte für diesen Gütegrad kann man festlegen:

- bei besten Feinmeßgeräten mit senkrechter Achse mindestens 0,5, eben noch zulässig bei mäßigen Ansprüchen: 0,5 bis 0,1;
- bei besten Betriebsmeßgeräten mit wagrechter Achse mindestens 0,5, noch zulässig: 0,5 bis 0,3.

Gütegrade unter 0,3 geben bei wagrechter Achse bereits Neigung zu starker Reibung. Der Verfasser hat noch eine zweite empirische Formel aufgestellt, die angibt, welcher Gütegrad bei wagrechter Achse dieselbe Sicherheit gibt wie ein bestimmter Gütegrad bei senkrechter Achsenlagerung:

$$\gamma_{\text{wagr.}} = \gamma_{\text{senkr.}} \left(1 + \sqrt[1,5]{\frac{1}{\gamma_{\text{senkr.}}}}\right) = \gamma_{\text{senkr.}} + \sqrt[3]{\gamma_{\text{senkr.}}}$$

Das gibt folgende Werte, Zahlentafel 1.

[1]) E. E. Spracklen, D. E. Marshall, P. O. Langguth, Journal of the Am. Inst. of El. Eng. Bd. 47 (1928) Nr. 3 S. 205.
[2]) Abb. 1 bis 6, 9 und 10 s. Bildbl. 44.
[3]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 186.

Zahlentafel 1
Gleichwertige Gütegrade bei senkrechter und wagrechter Achse

senkrechte Achse $\gamma_{senkr.}$	1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,001
wagrechte Achse $\gamma_{wagr.}$	2	1,74	1,44	1,14	0,97	0,78	0,56	0,42	0,29	0,23	0,175	0,10
Verhältnis $\frac{\gamma_{wagr.}}{\gamma_{senkr.}}$ . . .	2	2,2	2,4	2,8	3,2	3,9	5,6	8,4	14,5	23	35	100

Das Ergebnis ist folgendes: Mit abnehmendem Gütegrad wird der kleinstzulässige Wert bei wagrechter Achse in steigendem Maße größer. Setzt man bei senkrechter Achse 0,01 als kleinstzulässigen Wert an, so ergibt sich, daß bei wagrechter Achse der Gütegrad nie kleiner als 0,23 werden darf. Das deckt sich ungefähr mit der Erfahrung.

In Zahlentafel 2 sind als Mittel aus vielen Beobachtungen an alten und neuen verschiedenartigen Instrumenten die beobachteten Reibungsfehler abhängig vom Gütegrad eingetragen worden. Man sieht, wieviel größer die Reibungsfehler bei wagrechter Achse sind, und man kann ungefähr die oben abgeleitete Formel bestätigt sehen.

Zahlentafel 2
Reibungsfehler abhängig vom Gütegrad

Gütegrad . . .	0,001	0,01	0,03	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0
Reibung wagrecht mm*) .	7	4	3	2	1	0,4	0,2	0,1
Reibung senkrecht mm .	0,7	0,3	0,23	0,2	0,15	0,1	0,05	0

*) Der Reibungsfehler wird in mm, bezogen auf jede Änderung der Zeigerstellung, gemessen.

Die beste Maßnahme, betriebsfeste Meßgeräte zu erhalten, ist die Verminderung des Gewichtes des beweglichen Teiles oder die Erhöhung des Drehmomentes. Die Verwendung federnder Lager u. dergl. kann nur als Notbehelf angesehen werden. Die praktische Prüfung neuer Ausführungen von Meßgeräten erfolgt auf einer Schüttelmaschine mit 3000 Stößen je Minute 8 Stunden lang, weiter durch die Fallprobe unverpackter Geräte aus 10 bis 50 cm Höhe auf einen Holztisch. Dadurch gelingt es, zufällig schwache Teile zu entdecken und die Beschädigungen bei der Beförderung außerordentlich zu vermindern.

Die elektrische Beanspruchung ergibt sich im Betriebe durch Überstrom und dauernde Einwirkung der Spannung. Die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sehen, über die aller andern Länder hinausgehend, für Schalttafel-Strommesser eine Probe mit dem zehnfachen Überstrom vor, die Praxis verlangt aber Überstromfestigkeiten bis zum 30-, 50-, sogar 100fachen Nennstrom. Die thermische Festigkeit von Instrumentwicklungen kann höchstens bis zum 30fachen Sekundenstrom (30facher Nennstrom während einer Sekunde) getrieben werden, die mechanische bis etwa zum 100fachen Stoßstrom. Die wirksamste Maßnahme bei solchen abnormen, aber doch sehr oft vorliegenden Betriebsverhältnissen ist die Verwendung eines Vortransformators, der beim 3- bis 5fachen Nennstrom gesättigt ist und den mechanischen und thermischen Stoß abbremst. Der einzige Nachteil dieser Maßnahme ist die damit eintretende hohe Frequenzabhängigkeit der Meßgeräte.

Die elektrische Spannungsfestigkeit von Meßgeräten ist gleichfalls durch Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker festgelegt worden. Es sei besonders darauf verwiesen, daß bei hochgespanntem Gleichstrom, z. B. bei elektrischen Bahnen, ganz besonders gute Isolierung nötig ist, viel höhere als bei gleich hoher Wechselspannung. Auch die Temperaturmeßgeräte werden heute als Starkstrommeßgeräte isoliert, um den Übertritt von Starkstrom in die Meßschaltungen zu erschweren.

Grenze der Wirtschaftlichkeit

Die Erhöhung der Betriebsfestigkeit ist selbstverständlich auch mit einer Erhöhung des Herstellpreises verbunden und es ist zu fragen, wo die Grenze der Wirtschaftlichkeit liegt. Die Antwort ist die, daß alle Geräte, von deren zuverlässigem Arbeiten der Betrieb abhängt, ohne Rücksicht auf die Kosten die höchste Sicherheit erhalten müssen, beispielsweise alle Schutzrelais und alle Stromwandler an Hauptverteilpunkten. Eine einzige Störung kostet meist viel mehr als alle Relais zusammen. Dagegen sind Störungen an Spannungsmessern u. dergl. von geringerer Bedeutung, solange der Betrieb nicht gestört wird; bei ihnen kann man also nachsichtiger sein.

Neue Aufgaben der Meßtechnik

Die Vergrößerung der Krafterzeugungsanlagen hat das Bedürfnis nach Rieseninstrumenten mit sich gebracht, die auf Entfernungen von 30, sogar 50 m noch gut ablesbar sein sollen. Abb. 11 zeigt ein derartiges Instrument mit 1 m Dmr., entsprechend rd. 3 m Skalenlänge. Der Zeiger wird dabei von einem in das Instrument eingebauten Drehstrommotor bewegt, der von einem Geberinstrument über ein Relais gesteuert wird. Diese Kreis-Anordnung ist aber nicht anwendbar bei Doppelinstrumenten, Doppelfrequenzmessern, Doppelspannungsmessern, wie man sie zum Synchronisieren benutzt. Hierfür hat der Verfasser eine neuartige Anzeige geschaffen, die an dem Riesensynchronoskop in Abb. 12 gezeigt ist. Die Zeiger der beiden Frequenzmesser und der beiden Spannungsmesser für das Netz und die zuzuschaltende Maschine stehen einander gegenüber. Ihr Schnittpunkt muß bei Spannungs- und Frequenzgleiche auf der Mittelsenkrechten liegen. Es hat sich gezeigt, daß man dieses Instrument (1 m hoch, 0,7 m breit) noch auf 50 m Entfernung beobachten kann, während die üblichen Zungenfrequenzmesser nur auf wenige Meter Abstand beobachtet werden können.

Zur geradlinigen Anzeige werden neuerdings vielfach Lichtzeigerinstrumente benutzt. Es gibt hier verschiedene Abarten, die sich durch die Art der Anzeige und auch durch die Bauweise unterscheiden. Am ungünstigsten erscheint für die Beobachtung die Übertragung der objektiven Spiegelablesung bei Drehspul-Galvanometern. Neben der Skala mit Leuchtziffern erscheint ein einzelner leuchtender Punkt, dessen Lage der Meßgröße entspricht. Die Bautiefe solcher Instrumente ist etwa gleich der Skalenlänge zu setzen, bei 3 m Skalenlänge kommt man schon zu unzulässigen Abmessungen; für die Ablesung viel besser als Lichtpunktinstrumente sind Lichtbandinstrumente, bei denen die Länge eines leuchtenden Bandes der Meßgröße verhältnisgleich geändert wird. Auf ein Kleininstrument angewandt, ergibt sich das Leuchtband-Profilinstrument nach Abb. 13[4]), bei dem das Meßorgan eine Blende von einer im Gehäuse untergebrachten Lampe bewegt. Bei langen Skalen muß man entweder, wie es Hartmann & Braun beim Profillux-Großinstrument machen, das Leuchtband aus einer größeren Zahl Leuchtzellen zusammensetzen und diese nacheinander einschalten, oder, wie es Siemens & Halske machen, vor einer einzigen

[4]) Abb. 13 bis 16 s. Bildbl. 45.

Abb. 11 (links)
Leistungsmesser mit 1 m Dmr. für das Kesselhaus von Kraftwerken (im Vordergrund ein Schalttafelgerät üblicher Größe zum Vergleich). Der Zeiger wird von einem in das Instrument eingebauten Drehstrommotor bewegt, der von einem Geberinstrument über Relais gesteuert wird.

Abb. 12 (rechts)
Synchronoskop, 1 m hoch, 0,7 m breit. Bei Synchronismus zwischen Netz und zuzuschaltender Maschine leuchtet die kleine runde Marke im oberen Ausschnitt auf und der Zeiger steht über dessen senkrechtem Teilstrich; die beiden gebogenen Pfeile (schwarz und rot) geben an, ob die zuzuschaltende Maschine zu langsam oder zu schnell läuft. Im unteren Ausschnitt zeigen die Zeiger *f* die Frequenz, die Zeiger *E* die Spannung des Netzes (*N*) und der Maschine (*M*).

Leuchtsäule einen Vorhang bewegen. Bei Verwendung verschiedener Farben kann man solche Lichtbandgruppen außerordentlich gut beobachten.

Fernmeßeinrichtungen

Die Entwicklung der Elektrizitätswerke, das Zusammenarbeiten mehrerer Werke unter gemeinsamer Verwaltung und schließlich der Zusammenschluß verschiedener Verwaltungsbezirke haben die elektrische Meßtechnik in den letzten Jahren vor die Aufgabe gestellt, auf Entfernungen von zuerst 20, dann 100, dann 500 und 1000 km Ströme, Spannungen und Leistungen zu messen, aufzuzeichnen und zu verrechnen. Sieht man von den seltenen Gleichstromnetzen ab und prüft nur Wechselspannungsnetze, so findet man, daß man bereits bei 10 bis 20 km Entfernung besondre Maßnahmen treffen muß. Es kommen zwei Wege in Betracht: die Umformung der Meßgröße in Gleichstrom oder Gleichspannung und die Aussendung von Stromstößen, deren Zahl oder Häufigkeit oder Zeitdauer der Meßgröße verhältnisgleich ist. Gleichstrom ist geeigneter für die Übertragung, weil die Anzeigeglieder dafür sehr viel empfindlicher sind als für Wechselstrom. Die empfindlichsten Ausführungen mit Spitzenlagerung haben einen Eigenverbrauch von rd. 0,25 Mikro-W, das ist nur ein Viermillionstel von dem Verbrauch der empfindlichsten Zeigerinstrumente für Wechselstrom.

Die Handeinstellung eines Hilfsgleichstromes verhältnisgleich der zu übertragenden Meßgröße kommt nur für Ausnahmefälle in Betracht. Praktisch von Bedeutung ist nur die selbsttätige Umformung der Meßgröße in Gleichstrom mit oder ohne Hilfsbatterie. Eine Lösung dieser Art ist das Doppelfallbügel-Potentiometer, Abb. 14. Eine Hilfsspannung von 24 V liegt an den Enden eines auf einen Kreisabschnitt gewickelten Widerstandes, über dem sich der Zeiger bewegt. Durch ein Fallbügeltriebwerk greift der Zeiger eine seinem Ausschlag verhältnisgleiche Spannung auf diesem Widerstand ab, die auf Leitungen übertragen wird. Damit nicht die Kontaktgabe beim Loslassen des Fallbügels aufgehoben wird und das Anzeigeinstrument dauernd zwischen Nullpunkt und Endausschlag pendelt, ist ein Folgezeiger vorgesehen, der durch einen zweiten Fallbügel auf eine der Meßgröße entsprechende Stelle solange gedrückt wird, bis der Meßzeiger einen seiner neuen Stellung entsprechenden Kontakt abgegriffen hat. Durch Verwendung eines Kreuzspulinstrumentes kann man die Angaben unabhängig machen von der Höhe der Hilfsspannung.

Bei einer andern Gruppe von Fernmeßverfahren, die mit Gleichstrom arbeiten, wird eine der Meßgröße verhältnisgleiche Gleichspannung ohne Hilfsbatterie erzeugt. Hierher gehört das von der Cambridge Instrument Co. ausgeführte Verfahren nach Fawsett mit Thermoumformern, die eine dem Quadrat des Stromes oder dem Quadrat der Spannung oder der Leistung verhältnisgleiche Spannung erzeugen, die allerdings sehr gering ist, nur in der Größenordnung von 20 bis 50 mV. Wesentlich günstiger in dieser Hinsicht ist das von der Compagnie pour la Fabrication de Gaz veröffentlichte Verfahren[5]), bei dem ein Zähler, dessen Drehzahl der Meßgröße verhältnisgleich ist, eine kleine Gleichstromdynamo, wieder einen Zähler, antreibt, der bei voller Drehzahl eine Spannung von rd. 1000 mV liefert. Dies Verfahren hat sich für Entfernungen von 20 bis 100 km gut bewährt, es wird von den Aronwerken unter dem Namen „Telewatt-System“[6]) in den Handel gebracht. Ebenso wie bei dem Fawsett-Verfahren wird die Messung durch die Höhe des Leitungswiderstandes beeinflußt. Frei von diesem Einfluß und auch frei von den Schwankungen der Hilfsspannungen sind die Verfahren mit Nullgalvanometer und selbsttätigen Potentiometern, wie sie in Deutschland von Hartmann & Braun[7]), in Italien von der C. G. S. Instrumenti di Misura, Monza, in England von Evershed & Vignoles[8]) nach dem Vorschlag von Midworth gebaut werden. Einrichtungen dieser Art sind gut, aber im Aufbau verhältnismäßig verwickelt und deshalb auch teurer als andre.

Mit der Steigerung der Entfernungen kam auch das Bedürfnis, Fernmessungen ohne besondre Meßleitungen, also drahtlos, auszuführen, weil die Kosten der Leitungen, besonders wenn sie neu angelegt werden müssen, viel höher sind als die der Sende- und Empfangseinrichtungen. Hier versagen selbstverständlich alle Gleichstromverfahren, schon weil es nicht möglich ist, auf diesem Wege zu erreichen, daß die Stärke der ankommenden Zeichen allein von der zu messenden Größe abhängt. Man muß zu Frequenzverfahren oder Impulsverfahren übergehen.

Bei den Frequenzverfahren wird eine mit der Meßgröße in fester, unveränderlicher Beziehung stehende Frequenz erzeugt, übertragen und der empfangende Frequenzmesser statt mit einer Frequenzskala mit einer solchen in der Meßgröße versehen. Einrichtungen dieser Art arbeiten in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Viel mehr Bedeutung haben die Impulsverfahren erlangt, bei denen in Abständen von 0,1 bis 10 s Stromstöße ausgesandt werden. Wir haben zu unterscheiden:

Impuls-Zahl-Verfahren,
Impuls-Zeit-Verfahren,
Impuls-Frequenz-Verfahren.

Bei dem Impuls-Zahl-Verfahren gibt ein Zähler Kontakte oder Stromstöße, die eine beliebig festzusetzende Zeit lang, 1 min oder auch 15 min, aufgespeichert und dann unter Verwendung von Bauteilen aus der selbsttätigen Telephonie getrennt nach Zehnern und Einern übertragen zu werden. Dies Verfahren ist besonders zur Fern-

[5]) Französ. Patent Nr. 582 2?2 v. 18. Juli 1924.
[6]) Vergl. ETZ Bd. 49 (1928) Nr. 8 S. 282.
[7]) Palm, „Elektrotechnik und Maschinenbau“ Wien, Bd. 46 (1928) Nr. 34 S. 863.
[8]) Bercowitz, Elektro-Journal Bd. 8 (1928) S. 61.

Abb. 17
Kreuzring-Stromwandler. Primärwicklung und Eisenkern mit der Sekundärwicklung kreisrund und senkrecht gekreuzt. Der Wandler wird in den Stützisolator, Abb. 18, eingebaut.

Abb. 18
Stützer-Stromwandler mit eingebautem Kreuzringwandler nach Abb. 17 für 160 kV Prüfspannung.

übertragung der Angaben von Höchstverbrauchzählern und zur Summierung der Angaben mehrerer Meßstellen geeignet.

Das Impuls-Zeit-Verfahren nach Wilde, Deutsche Telephonwerke[9]), hat an der Geber- und Empfängerstelle synchron laufende Zeiger. Die Zeitdauer eines Stromstoßes, eines Wellenzuges bei Hochfrequenz, ist verhältnisgleich dem Ausschlag und wird an der Empfangstelle angezeigt oder aufgezeichnet, Abb. 15 und 16.

Das Impuls-Frequenz-Verfahren, erstmalig verwendet von Smith bei der Westinghouse Co.[10]), benutzt wiederum einen Zähler mit Kontakteinrichtung als Geber. Diese Stromstöße entladen einen mit gleichbleibender Gleichspannung geladenen Kondensator über ein empfindliches, sehr stark gedämpftes Gleichstrominstrument, dessen Ausschlag verhältnisgleich der Impulsfrequenz und damit der Meßgröße ist. Dies Verfahren bietet wesentliche Vorteile, es wird in den Vereinigten Staaten von Amerika vorwiegend angewandt, auch bei den neuesten Fernmeßeinrichtungen von Siemens & Halske.

Mit der Fernmessung wird gleichzeitig oft die Fernsummierung verlangt, sei es zu Verrechnungszwecken, wenn ein Abnehmer an weit auseinanderliegenden Punkten zu verschiedenen Zeiten Höchststrom entnimmt, sei es zur einfachen Beobachtung und Betriebsüberwachung. Dazu kann man sowohl die Gleichstrom- als die Impulsverfahren verwenden; besonders die letzteren sind dazu geeignet. In einer amerikanischen Anlage wird unter Verwendung von acht Zwischenrelaissätzen die Leistung von 48 Punkten auf einen einzigen Summenzähler übertragen und dort in Zeiträumen von 15 min aufgezeichnet[11]). Auch die Einrichtungen, die man in Deutschland unabhängig davon entwickelt hat, arbeiten ähnlich.

Das ganze Gebiet der elektrischen Fernmessung ist noch als in den ersten Anfängen stehend zu betrachten; es läßt sich jetzt noch nicht sagen, welche Aufgaben endgültig damit gelöst werden und welche Mittel aus der großen Zahl von Vorschlägen dafür als die zweckmäßigsten erkannt werden.

Erfahrungen und Neuerungen bei Strom- und Spannungswandlern

Zu den bekannten Bauformen der Stabwandler, Schleifenwandler und Topfwandler ist in den letzten Jahren der Wickeldurchführungswandler getreten, dessen vollkommenste Ausführung der Querlochwandler ist, ein Wandler mit vollkommen trockener Isolierung, bei dem an brennbaren Teilen nur die an Gewicht unbedeutende Drahtisolierung vorhanden ist. Die heutige ideale Ausführung war nur möglich infolge der Verbesserung des Porzellans. In dem ersten Jahr war bei der kleinsten Ausführung eine Prüfspannung von 30 kV kaum zu erzielen; ohne Erhöhung der Wandstärke kam man dann auf 42 kV, und heute stehen wir vor der überraschenden Tatsache, daß es gelungen ist, dieselbe Ausführung so fest zu machen, daß sie nahezu durchschlagsicher ist und erst bei Spannungen von 60 bis 70 kV überschlägt. Das ist für die Betriebsicherheit der Anlagen von der größten Bedeutung. Die größte Ausführung des Querlochwandlers ist für Prüfspannungen bis 100 kV ein vollkommener Ersatz für die großen Schleifenwandler, die teurer sind, mehr Platz in der Anlage beanspruchen und auch nicht betriebfester sind als die Querlochwandler.

Die Entwicklung der Topfwandler hat im Gebiete der Höchstspannungen gleichfalls zu neuen Modellen geführt. Der Kreuzringwandler, Abb. 17, hat eine kreisförmige Primärspule, die auch bei den größten Stromstößen nicht verformt wird, der Eisenkern ist kreisrund und gleichmäßig bewickelt, so daß auch er samt der Sekundärspule kurzschlußfest ist. Dieses ganze Spulengebilde kommt in einen Stützisolator, so daß wir den Stützerwandler nach Abb. 18 erhalten, der wesentlich kleiner und billiger ist als die übliche Bauweise mit einem Eisentopf und einer besonderen Kondensatordurchführung mit Freiluftüberwurf. Koch & Sterzel bauen für Prüfspannungen über 100 kV gestaffelte Stützerstromwandler mit mehrmaliger Transformation.

Der Eisenkern der Stromwandler wird in den drei Formen des Schenkelkernes, des Mantelkernes und des Ringkernes gebaut. Der Mantelkern brachte bei der Anwendung auf Durchführungswandler zuerst einige Schwierigkeiten, weil die Amperewindungszahlen in den beiden Fenstern ungleich sind. Diesen Nachteil des Mantelkernes beim Bau von Durchführungswandlern kann man durch Ausgleichwicklungen auf den beiden äußeren Stegen vollständig beseitigen. Die Wirkung zweier, in dieser Weise gegeneinander geschalteter Wicklungen kann die Fehlerkurve sogar günstiger gestalten als bei einem Schenkelkern mit gleichem Aufwand an Werkstoff und Amperewindungen. Der Werkstoff für den Eisenkern ist bisher fast durchweg hochlegiertes Dynamoblech. Das Bekanntwerden der neuen Nickel-Eisen-Legierungen hat große Hoffnungen auf wesentliche Verkleinerung oder Verbesserung der Stromwandler geweckt. Leider war es aber bisher nicht möglich, dieses Blech in größeren Mengen in gleichmäßiger, gewährleisteter Beschaffenheit zu einem wesentlich niedrigeren Preis als rd. 20 ℛℳ/kg zu erhalten. Es werden sicher noch einige Jahre vergehen, bis mit der Anwendung dieser Bleche in größerem Maßstabe gerechnet werden kann.

Als höchste Genauigkeit für Stromwandler hat der Verband Deutscher Elektrotechniker die Klasse E mit ± 0,5 vH Stromfehler und ± 40 min Fehlwinkel festgesetzt. Für viele Zwecke reicht das aber nicht aus, namentlich der Fehlwinkel verursacht bei den kleineren Leistungsfaktoren, wie sie sehr oft vorkommen, unzulässig große Leistungsfehler bei der Messung. Auf seine Verminderung muß am meisten hingestrebt werden. Es sind dafür drei Wege möglich:

1. Die Verwendung von Kunstschaltungen zum Ausgleichen des Leerlaufstromes, beispielsweise der Zweistufen-Stromwandler nach Brooks & Holtz, wie ihn Siemens & Halske als Normalwandler herstellen. Man kommt mit ihm bei 15 bis 100 Hertz auf Stromfehler von der Größenordnung 0,05 bis 0,1 vH, auf Fehlwinkel von 1 bis 3 min. Nachteilig ist der unbequeme Anschluß; man braucht Instrumente und Zähler mit zwei Stromwicklungen.

[9]) Vergl. „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 27 (1928) Nr. 452 S. 81.
[10]) The Electric Journal Bd. 21 (1924) S. 219, 355.
[11]) Stokes u. Nelson, Journ. of the Am. Inst. of El. Eng. Bd. 47 (1928) Nr. 4 S. 262.

Keinath: Neue Richtlinien für den Bau elektrischer Meßgeräte

Abb. 1 (links)
Neuzeitlicher eisengeschlossener elektrodynamischer Leistungsmesser. Gehäuseboden aus Eisenblech gezogen, die Montageplatte und die Dämpfungskammern aus Aluminiumspritzguß; Spulenkörper versenkt. Klemmklotz aus Isolierstoff für 2000 V Prüfspannung zwischen den Klemmen, Überschlagspannung rd. 5000 V.

Abb. 2 (rechts)
Geradliniges Flachprofilinstrument. Ausführung: Meßwerkbock aus Al-Spritzguß, Gehäuse aus Aluminium-Kokillenguß.

Abb. 3
Schalttafel-Aufbau-instrument.

Abb. 4
Das gleiche Instrument, versenkt eingebaut mit aufgesetztem Frontring.

Abb. 5
Geradliniges Flachprofil-instrument.

Abb. 3 bis 5. Verschiedene Gehäuseformen.

Abb. 6
Feinmeßgerät mit gezogenem Blechgehäuse, Sockel und Kappe zu einem Stück vereinigt.

Abb. 9
Leistungsmesser mit drei Strombereichen.

Abb. 10
Spannungsmesser der „Prüffeldtype“.

Abb. 9 und 10
Feinmeßgeräte von Siemens & Halske mit Gehäusen aus gepreßtem, hochglanzpoliertem Isolierstoff.

Abb. 9

Abb. 10

Keinath: Neue Richtlinien für den Bau elektrischer Meßgeräte

RZ1994Z13

Abb. 13
Leuchtband-Kleininstrument.
Die Länge des leuchtenden Bandes ändert sich der Meßgröße verhältnisgleich, indem vom beweglichen Organ eine Blende vor einer im Gehäuse befindlichen Lampe bewegt wird.

RZ1994Z14

Abb. 14
Doppelfallbügel-Potentiometer nach Schleicher für Fernmessungen unter Verwendung von Gleichspannung und einer Hilfsbatterie.

Abb. 15
Geber geöffnet.

Abb. 16
Empfänger geöffnet.

Abb. 15 und 16
Geräte der Deutschen Telephonwerke und Kabelindustrie, A.-G., Berlin, zur Fernmessung beliebiger Meßgrößen mit leitungsgerichteter Hochfrequenz. Im Geber und im Empfänger laufen synchrone Wellen. Im Geber wird der Ausschlag des Zeigers in Winkelgraden abgetastet, durch eine Impulslänge übertragen und am Empfänger auf die gleiche Zeitdauer das Schreiborgan mit einem konstantlaufenden Motor gekuppelt.

Abb. 19
Stromfehler

Abb. 20
Fehlwinkel.

——— 15 VA, cos $\psi = 1$ — — — 15 VA, cos $\psi = 0{,}5$
ψ Verschiebungswinkel innerhalb des Wandlers

Abb. 19 und 20
Fehlerkurven des Promillewandlers, verglichen mit den zulässigen Fehlergrenzen für Stromwandler, Klasse *E* (höchste Klasse der Regeln des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern).

2. Die Verwendung von Eisen (Nickeleisen) mit sehr hoher Permeabilität. Dieser Weg ist einfach und erfolgreich. Leider ist aber das Blech sehr teuer und die sehr empfindliche thermische Behandlung nach dem Stanzen sehr lästig.
3. Die Verminderung des magnetischen Widerstandes durch beste Bemessung und die Erhöhung der Amperewindungszahl des Wandlers. Nach diesem Gesichtspunkt ist der Promillewandler gebaut worden, dessen Fehlerkurve Abb. 19 und 20 zeigen. Man kommt bei 50 Hertz auf 0,1 bis 0,2 vH Stromfehler und 2 bis 5 min Fehlwinkel. Bemerkenswert ist hier der neue Schaltkopf zur Umschaltung auf 1 : 2 : 4, der nur quadratische, drehbare Scheiben aufweist, aber keine losen Umschaltglieder, wie es früher der Fall war. Er vereinigt die bequeme Handhabung des Walzenschalters mit der guten Kontaktgabe des Laschenschalters, Abb. 21.

Anforderungen an Stromwandler bezüglich Überstrom-Festigkeit

Die unvermeidbaren Überströme wirken sich mechanisch und thermisch aus, sie verformen und zerstören die Wicklungsanordnung, sie erhitzen Kupfer und Isolierung über die zulässige Grenze hinaus, bis auch hier Zerstörungen eintreten. Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat als Normalstufen festgelegt:

Zahlentafel 3
Stufen der Überstromfestigkeit
nach den Regeln des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Dynamische Festigkeit	Stufe 1	75-facher Stoßstrom
	Stufe 2	150-facher Stoßstrom
Thermische Festigkeit	Stufe 1	50-facher Sekundenstrom
	Stufe 2	60-facher Sekundenstrom

Obwohl kein andres Land ebenso scharfe Bestimmungen hat, reichen sie praktisch nicht aus; man muß Wandler bauen bis zum 1000fachen Sekundenstrom, sogar darüber. Auswahl geeigneter Bauarten und Verzicht auf Genauigkeit lassen indessen alle diese Forderungen erfüllen.

Anforderungen an Stromwandler bezüglich Spannungsfestigkeit

Nachdem der Verband Deutscher Elektrotechniker die Forderungen bezüglich der Spannungsprüfung von Hochspannungsapparaten auf 2,2 U + 20 kV erhöht hat, worin U die Nennspannung ist, mußten auch die Stromwandler stärker isoliert werden. Als Sicherung gegen Sprungwellen benutzt man heute allgemein Nebenwiderstände aus Silit, die beim Auftreffen hoher Spannungen auf eine noch nicht geklärte Weise ihren Widerstand stark vermindern und dadurch die Wandlerwicklung besonders gut schützen. Der Querlochwandler ist seiner Konstruktion nach bereits viel eher sprungwellenfest als der Schleifenwandler, weil seine Windungslänge und damit auch seine Windungsspannung beim Auftreten von Sprungwellen nur einen Bruchteil von rd. ein Drittel bis ein Viertel des Wertes bei Schleifenwandlern beträgt.

Spannungswandler

Die übliche Bauweise der Spannungswandler führt schon bei 110 kV zu verhältnismäßig teuren Ausführungen. Ein Wandler kostet bei 110 kV rd. 10 000 RM, bei höheren Spannungen steigt der Preis etwa quadratisch an, also auf 20 000 RM bei 150 kV und 40 000 RM bei 220 kV. Das hat dazu geführt, daß man Schaltanlagen für höchste Spannungen häufig ohne Wandler auf der Oberspannungsseite baut. Einen gewissen Ersatz bieten bei sehr bescheidenen Genauigkeitsansprüchen in Reihe gegen Erde geschaltete Erdungsdrosselspulen, die bereits erwähnte „C-Messung", in Amerika als „Kapazitätstransformatoren" bezeichnet.

Verwendet man aber statt normaler Wandler in Reihe geschaltete Einzeltransformatoren, deren Anzahl verhältnisgleich der Spannung gemacht wird, und bildet diese zur Spannungsmessung aus, so erhält man eine Spannungsmeßeinrichtung, die Kaskaden-Spannungswandler, mit der man bei ausreichender sekundärer Leistungsabgabe Feinmessungen ausführen kann. Der Preis solcher Wandler steigt nicht mehr quadratisch mit der Spannung, sondern etwa im gleichen Verhältnis. Man hat für den Preis folgende angenäherten Zahlen:

Zahlentafel 4
Preise der Kaskaden-Spannungswandler
in Vergleich zu denen normaler Wandler (angenähert)

Spannung kV	Anzahl der Glieder	Angenäherter Preis RM
110	3	6 000 statt 10 000
150	4	8 000 „ 20 000
220	6	12 000 „ 40 000

Die Verbilligung steigt also mit der Spannung ganz schnell, von 40 vH bei 110 kV auf rd. 70 vH bei 220 kV. Abb. 22 zeigt einen Kaskaden-Spannungswandler mit fünf Gliedern, Abb. 23 einen Schnitt durch einen dreigliedrigen Kaskaden-Spannungswandler. Diese Wandler werden nach der Formel für Hochspannungsapparate mit 2,2 U + 20 kV geprüft, also mit 240 kV bei 100 kV Nennspannung. Die

Abb. 21
Schaltkopf des Promillewandlers zur Umschaltung auf 1 : 2 : 4. Die Umschaltung erfolgt ohne getrennte Schaltstücke durch Lösen der mittleren Schraube und Verdrehen der quadratischen Schaltstücke, die aus Kupfer und Isolierstoff zusammengesetzt sind.

Abb. 22
Kaskaden-Spannungswandler mit fünf Gliedern. Freiluft-Ausführung.

größte in einem Wandlerglied bei Erdschluß einer andern Leitung vorkommende Spannung beträgt bei der dreigliedrigen Kaskade $^1/_6$ der Gesamtspannung, also $^1/_6$ von 100 kV = 17 kV, die Sicherheit gegen Durchschlag ist wesentlich höher als bei allen andern Spannungswandlern. Der Kaskadenwandler ist, zumal durch seine Bauweise als Freiluftwandler, zweifellos als der Spannungswandler der Zukunft für Spannungen von 110 kV und darüber anzusprechen.

Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Bau elektrischer Meßgeräte in den letzten Jahren gerade in der Richtung der Fertigungstechnik erhebliche Verbesserungen erfahren hat. Die neuen Herstellverfahren gestatten die Verwendung schöner Zweckformen, ohne Zierrat, nur durch die Linienführung wirkend. Die Betriebfestigkeit ist auf Werte gesteigert worden, die man früher für unmöglich gehalten hätte, namentlich beim Stromwandler. Für die Fernmessung mit und ohne besondre Meßleitungen wurden Verfahren entwickelt, die beim Betrieb von Großkraftanlagen Anwendung finden; die Meßwandler wurden für Strom- und Spannungsmessungen bei den höchsten Spannungen durchgebildet. [B 1994]

Abb. 23
Kaskaden-Spannungswandler mit drei Gliedern. Für je 37 kV verkettete Spannung wird ein Isoliergefäß mit eingebautem Wandler zugefügt. Nach dem Einbau des Kernes mit der Wicklung werden die Gefäße mit einer hochisolierenden Ausgußmasse gefüllt.

Kleine Wagerecht-Fräsmaschine

Auch im Bau von Feinwerkzeugmaschinen findet man das für den neuzeitlichen Werkzeugmaschinenbau allgemein kennzeichnende Bestreben, die Maschinen starr zu bauen und alle Bedienungsgriffe so anzuordnen, daß der Arbeiter sie bequem handhaben kann. Ein Beispiel bildet die Wagerecht-Fräsmaschine, Abb. 1. Die Ausrüstung mit einem Gegenhalter für den Fräsdorn ermöglicht es, auch bei verhältnismäßig großen Spanleistungen und Schnittgeschwindigkeiten sehr genaue Ergebnisse zu erzielen.

Zum Antrieb dient ein zweistufiges Deckenvorgelege mit 290 und 460 U/min oder, bei Einzelantrieb, ein Elektromotor von rd. 0,45 PS bei 1400 U/min mit entsprechendem Vorgelege; zum Anbau des Motors erhält die Maschinengrundplatte einen Anguß. Mit den genannten Vorgelegedrehzahlen ergibt das dreistufige Maschinenvorgelege sechs Spindeldrehzahlen von 150 bis 1000 U/min.

Der Aufspanntisch, dessen Spannfläche 450 mm lang und 140 mm breit ist, kann entweder mit der Hand durch Kurbel, Mutter und Spindel in der Längsrichtung bewegt werden mit einer Teilscheibe auf der Spindel für 0,05 mm Tischvorschub je Teilstrich, oder er kann selbsttätig vorgeschoben werden. In letzterem Fall betätigt eine Gelenkwelle vom Getriebekasten aus die Vorschubspindel über eine Schnecke mit Schneckenrad. Der selbsttätige Vorschub ist einstellbar für die Vorschubgeschwindigkeiten von 0,04, 0,08 und 0,16 mm je Umdrehung der Frässpindel; ein verstellbarer Anschlag schaltet ihn bei der gewünschten Tischstellung von selbst aus. Für die Massenfertigung kann ein Handhebel mit Zahnrad statt des selbsttätigen Vorschubes angebaut werden, der schneller und bequemer zu arbeiten gestattet als der Handvorschub mittels Spindel. Verstellbare Anschläge begrenzen den Handhebelvorschub.

Zur senkrechten und zur Querbewegung des Tisches dienen handbetätigte Spindeln, die ebenfalls mit Teilscheiben für Feineinstellung auf 0,05 mm versehen sind.

[M 2234] Parey

Zu Abb. 1:

a Handkurbeln für den Längsvorschub
b Schalthebel, *c* Gelenkwelle, *d* Schnecke, *e* Schneckenrad, *f* Verstellbarer Anschlag — für den selbsttätigen Längsvorschub
g Handkurbel für die Querbewegung des Tisches
h Schalthebel für die Auslösung der selbsttätigen Längsbewegung des Tisches
i Handkurbel für die senkrechte Bewegung des Tisches

Abb. 1
Kleine Wagerecht-Fräsmaschine mit Gegenhalter von Beling & Lübcke, Berlin.

Registrierkassen

Von Dipl.-Ing. A Beßler, Weilmünster

Die Wirkungsweise, Konstruktion, Einteilung, Weiterentwicklung, Fertigung und Prüfung neuerer Registrierkassen wird dargestellt und dabei dargetan, daß die im deutschen Kassenbau verkörperte, hochwertige Feinmechanik alle berechtigten Forderungen und Wünsche zu erfüllen vermag.

In weniger als 50 Jahren ist die Registrierkasse aus einem einfachen, mechanischen Geldzähler zu einem sich allen Verhältnissen anpassenden Hilfsmittel im Austausch von Sachwerten und Leistungen entwickelt worden. Sie ist jene wichtige Art der heute als unentbehrlich angesehenen Rechenmaschine, die in der äußeren Ausstattung, der Zwangläufigkeit aller Triebwerkeingriffe und dem ausreichenden Einbau von Sperren und Schaltsicherungen besondere Erfahrung und Sorgfalt verlangt.

Im Laufe der Jahre haben viele Erfinder versucht, neue, brauchbare Kassen auf den Markt zu bringen; sie verfehlten aber mit wenig Ausnahmen das Ziel, weil sie den schwierigen Weg, der vom Entwurf über Versuche und Verbesserungen zum einwandfreien Erzeugnis führt, nicht finden oder durchhalten konnten.

Zu jener Zeit, die für den Fortbestand und die Weiterentwicklung des deutschen Kassenbaues entscheidend war, hatten insbesondere Schubert & Salzer, Chemnitz, Grimme, Natalis & Co., Braunschweig, und die Ankerwerke[1]) in Bielefeld nach eigenen grundlegenden Erfindungen schon viele gute Maschinen dem Erwerbsleben zugeführt, die zum Teil heute noch vorbildlich sind.

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 331.

RZ2077Z1

Abb. 1
Einzähler-Tastenkasse mit Scheckdruckwerk.

a	Schauwerk	*l*	Datumkappe
b	Betragtasten	*m*	Motorkabel
c	Scheckrolle	*n*	Kassenscheck
d	Barverkauftaste	*o*	Addierwerk
e	Buchhaltungstasten	*p*	Löschtaste
f	Wechseltaste	*q*	Handkurbel
g	Ablesefenster	*r*	Postenzähler
h	Kontrollfenster	*s*	Nullstellzähler
i	Schloß	*t*	Geldlade
k	Druckwerkgehäuse		

RZ2077Z2

Abb. 2
Schaltwerk, dargestellt an der offenen Einzähler-Tastenkasse — ohne Druckwerkwand.

a	Tastensperrschwinge	*q*	Ausrundung an *k*
b	Betragtaste	*r*	Hohlwellen
c	Feder an *d*	*s*	Zahnräder
d	Sperrstütze	*t*	Anzeigerolle
e	Nase an *d*	*u*	Addierwerk
f	Riegelrast	*v*	Fühler
g	Fuß des Stellriegels	*w*	Bolzen
h	Stellriegel	*x*	Entriegelzapfen
i	Mitnehmerscheibe	*y*	schräge Fläche an *d*
k	gezahnte Stellscheibe	*z*	Hebel
l	Pendelwelle	a_1	Stift
m	Hauptwelle	b_1	Zapfen
n	Pleuelstange	c_1	Auflagefläche
o	Schleifkranzkante	d_1	Ansatz
p	Rückholzapfen		

Dem rücksichtslosen Wettbewerb der ausländischen „National"-Kassen hielten vor etwa 20 Jahren aber nur die Ankerwerke stand, während Grimme, Natalis & Co. sich weiterhin auf die Herstellung ihrer anerkannten Rechenmaschinen „Gehirn von Stahl" beschränkten und Schubert & Salzer die Fertigung von Registrierkassen zugunsten andrer Erzeugnisse ganz aufgab.

Der dadurch verringerte Wettbewerb bewirkte, daß jahrzehntelang von deutschen Käufern das deutsche, vollwertige Erzeugnis verkannt und das ausländische bevorzugt wurde. Die vom ungünstigen Kriegsausgang bedingte Werkumstellung hat die Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen, veranlaßt, die im Kassenbau verkörperte, hochentwickelte Feinmechanik zur Grundlage einer geregelten Mengenfertigung auszubilden und auf eigenen Wegen zur folgerichtigen Vollendung zu bringen.

Einzähler-Tastenkasse, Abb. 1

Im allgemeinen soll die Registrierkasse beliebig eingestellte Beträge im Schauwerk anzeigen, im Addierwerk dem Bestande zuzählen, im Druckwerk laufend buchen, auf Kassenbelegen deutlich drucken, die verschiedenen Kaufvorgänge trennen, anzeigen und zählen, die sonst geschlossene Geldlade vernehmbar öffnen, die Abrechnung und Nullstellung erleichtern und auch für Kraftbetrieb geeignet sein. Die ausbaufähige Kasse, die Anpassung an wechselnde Umstände zuläßt, weist etwa folgende Gruppen und Hauptbestandteile auf:

Einstellfeld

Durch übersichtlich angeordnete Hebel oder Tasten können mit der Hand Nummern, Zeichen und Zahlenwerte eingestellt werden, die im Verlaufe des anschließenden Kassenganges anzuzeigen und abzudrucken sind, wobei jeder Bargeldbetrag im entsprechenden Addierwerk zur bisher entstandenen Summe hinzugezählt wird.

Abb. 3 und 4. Schauwerk mit und ohne Blende.
a Hohlwellen mit Verbindungsklauen *b* Schauwerkblende
c Anzeigerollen *d* Zahnradsatz *e* Verkaufsanzeige

Schaltwerk, Abb. 2

Die noch in Ruhelage gezeichnete Tastensperrschwinge *a* wird vom abgeschrägten Fuß der federnd eingedrückten Betragtaste *b* soweit angehoben, bis die Feder *c* der Sperrstütze *d* die Nase *e* unter die Tastensperrschwinge bringt, diese festlegt und somit die gedrückte Taste verblockt. Der in einer Riegelrast *f* festgelegte Stellriegel *h* stützt sich mit seinem Fuß *g* auf den Schleifkranz der Mitnehmerscheibe *i* und hält somit die gezahnte Stellscheibe *k*, die lose um die Pendelwelle *l* schwingen kann, in der vorhergehenden Einstellung fest. Die Linksdrehung der Hauptwelle *m* wird durch die Pleuelstange *n* auf die Pendelwelle und die damit verbundenen Mitnehmerscheiben übertragen. Sobald der Stellriegelfuß *g* an der Kante *o* des Schleifkranzes den Halt verliert, wird auch die Stellscheibe *k*, an welcher der Stellriegel pendelnd aufgehängt ist, frei und nach Auftreffen des Rückholzapfens *p* auf die Ausrundung *q* bei der Kurbeltotlage in die Nullstellung gebracht. Diese Rückholbewegung der Stellscheibe überträgt sich durch Hohlwellen *r* und Zahnräder *s* auf die Typenräder des Druckwerks und durch Zwischenräder und Übertragungswellen auf die Anzeigerollen *t* des Schauwerks, die dadurch in die Nullstellung gelangen.

Bevor der Drehsinn der Pendelwelle *l* sich umkehrt, wird bei Barverkäufen das Addierwerk *u* eingekuppelt und mit dem Schaltwerk verbunden.

Die weiterhin aufwärts schwingende Schleifkranzkante *o* nimmt durch den Stellriegel *h* die Stellscheibe *k* soweit mit, bis der federnde Fühler *v* am Tastenfuß anschlägt, durch Drehung um den Bolzen *w* den Stellriegel von der weiterschwingenden Mitnehmerscheibe abzieht und in der entsprechenden Riegelrast verblockt. Dabei werden im Schau- und Druckwerk die neuen Beträge eingestellt und die Zählung im Addierwerk bewirkt. Sind in einer Reihe keine Tasten gedrückt, was dem Werte null entspricht, so springt die Sperrstütze nicht zurück, der Entriegelzapfen *x* gleitet an der schrägen Fläche *y* der Sperrstütze nach außen und hält den Stellriegel wirkungslos in der Nullage fest. War auch im vorhergehenden Kassengang nichts eingestellt, so nimmt der Stellriegel dieser Reihe weder an der Rückhol- noch Vorbringbewegung teil.

Schauwerk, Abb. 3 und 4

Zur Mitbeobachtung durch den Käufer werden am Schauwerk sowohl auf der dem Kassierer als auch der dem Kunden zugekehrten Seite die eingestellten Werte und Zeichen angezeigt. Von den Stellscheiben aus werden die eingestellten Werte nach beiden Seiten mittels ineinander gesteckter Hohlwellen *a*, Verbindungsbügel oder außen laufender Verbindungswellen übertragen. Die Fenster des Schauwerks verschließende Blenden *b* ermöglichen es, die Bewegungsvorgänge zu verdecken, nur die neuen Werte sehen und für die Zeit des Kassenstillstandes stehen zu lassen.

Addierwerk

Im Gegensatz zu den verschiedenerlei Einzelzählern, die an der Kasse vorkommen, erfordert das Hauptaddierwerk der „Einzähler"-Kasse eine besondere, sicher wir-

Abb. 5
Scheckdruckwerk.

a Scheckrolle
b Scheckstreifenführung
c Gegenwalze (Rückdruck)
d Filzwalze
e Rückdruckwalze
f Datumwalze
g Gegenwalze (Datum)
h Messer
i Druckpolster
k Druckstempel
l Typenradsatz
m Abwickelwalze
n Gummi-Druckrolle
o Aufwickelwalze
p Buchungsstreifen
q Schalthebel
r Druckschwinge
s Drehzapfen
t Farbkissen
u Kassenscheck
v Scheckabsteller

kende Einrichtung der Zehnerschaltung, die während des Hineinzählens der eingestellten Werte ausgelöst, kraftschlüssig in Vorbereitung gehalten und dann nacheinander bis zur höchsten Stelle des wieder abgeschalteten Addierwerks hindurchgeleitet wird.

Eine Planetenrad-Zehnerübertragung, die schon während des Zählens formschlüssig als Zusatzbewegung durch alle Stellen hindurchläuft und daher für Addierwerkgruppen höherer Leistung geeignet ist, wird unter Abschnitt „Mehrzählerkassen" beschrieben werden.

Druckwerk, Abb. 5

Der von der Scheckrolle *a* ablaufende Scheckstreifen gelangt in die Scheckstreifenführung *b*, wird auf der Rückseite zwischen der Gegenwalze *c* und der durch die abrollende Filzwalze *d* eingefärbten Rückdruckwalze *e* mit einer Geschäftsreklame und weiterhin auf der Vorderseite zwischen der in gleicher Weise eingefärbten Datumwalze *f* und der Gegenwalze *g* mit Firma, Datum und Laufnummer bedruckt.

Eine Umdrehung der Datumwalze *f* befördert den Scheckstreifen zwischen den das Messer *h* und das Druckpolster *i* tragenden Druckstempel *k* und den vom Schaltwerk eingestellten Typenradsatz *l*, der oben und unten den Betrag enthält. Der von der Abwickelwalze *m* über die Gummi-Druckrolle *n* zur Aufwickelwalze *o* geführte Buchungsstreifen *p*, der bei Kassenstillstand vom Schalthebel *q* in Ablesestellung gebracht werden kann, ist auf der Druckschwinge *r* gelagert, die den Zapfen *s* als Drehachse hat. Mittels Kurvenscheibenantrieb werden Druckschwinge und Druckstempel gleichzeitig zweimal hintereinander gegen den Typenradsatz bewegt. Im ersten, kleineren Hub pressen Druckrolle und Druckpolster die inzwischen herangeschwenkten Farbkissen *t* auf die abzudruckenden Typenzeilen, während im zweiten Hub, nach Entfernung der Farbkissen, der Buchungsstreifen und Scheck *u*, der gleichzeitig abgeschnitten wird, bedruckt

RZ2077Z6

Abb. 6 und 7. Buchhaltungstasten.

*, *A, C, R, W* Sondertasten
a Haltezapfen
b Tastensperrschwinge
c Gleitschieber
d Maul
e Kassensperrhebel
f Stifte
g Hohlwelle
h, *i* Schalthebel
k Verbindungslasche
l Kurvenscheibe
m Schubstange
n Mitnehmerzapfen
o Langschlitz
p Entriegelzapfen
q Stellscheibe
r Zwischenrad
s Verkaufsanzeige
t Zahnrad
u Hohlwelle
v Sperrwelle
w Anschlagarm
x Haupttriebrad
y, *z* Anschläge
a_1 Stromschlußscheibe
b_1 Rolle
c_1 Winkelhebel
d_1 Feder
e_1 Kontakt
f_1 Kabel
g_1 Motor
h_1 Löschwelle
i_1 Zapfen
k_1 Arm
l_1 Zugstange

werden. Damit die Ausgabe des Kassenschecks unterbleibt, kann mit besonderem Schlüssel am Scheckabsteller *v* erreicht werden, daß durch Exzenter-Verdrehung die Rückdruckwalze, die Gegenwalze und der Druckstempel nicht zur Wirkung kommen, und auch die Laufnummer nicht geschaltet wird.

Antrieb

Die Kassen werden mittels Zughebel oder Handkurbel bedient oder, zur Arbeitserleichterung und Schonung, von einem kleinen Elektromotor, der das Drehmoment über ein mehrstufiges Vorgelege auf die Kupplung der Hauptwelle überträgt, angetrieben. Er bewirkt in weniger als 1 s die Pendelschwingung des Schaltwerks, die Betätigung des Druckwerks, die Vollendung der Zehnerübertragung und die sonst noch zum Maschinenspiel notwendigen Bewegungen. Die Arbeit des Motors kann jederzeit mit der Handkurbel, die beim Motorantrieb lose abgleitet, meist in zwei Umdrehungen geleistet werden.

Buchhaltungstasten, Abb. 6 und 7

In vielen Geschäften werden neben Barverkäufen auch Ausgaben, Kreditverkäufe und bezahlte Rechnungen über die Kasse laufen müssen. Hierfür sind die blau, rot und gelb gefärbten, den Motor einschaltenden Sondertasten *A*, *C* und *R* vorgesehen, die mit der Verkaufsanzeige, den Postenzählern, der Addierwerkkupplung, dem Druckwerk und der Kassenauslösung in Verbindung stehen.

Sie arbeiten in gleicher Weise wie die Betragtasten, s. Abb. 2, mit dem Stellriegel und der Pendelwelle zusammen und werden dadurch verblockt, daß der Haltezapfen *a*, Abb. 6, der Tastensperrschwinge *b* den federnden Gleitschieber *c* soweit verschiebt, bis das Maul *d* des unter Federdruck stehenden Kassensperrhebels *e* einfällt und mit der Tastensperrschwinge *b* auch die gedrückte Taste festlegt.

RZ2077Z7

Abb. 7. Buchhaltungstasten freigelegt durch Entfernen der Druckwerkwand.

Jede der Tasten *A*, *C*, *R*, deren Benutzung stets einen Kassenbeleg verlangt, wirkt mit Stift *f* derart auf einen durch Hohlwelle *g* mit dem Druckwerkgestänge verbundenen Schalthebel *h* ein, daß (in nicht gezeichneter Weise) die etwa verstellten Exzenter zurückgedreht werden, was die Ausgabe des mit der nächsten Nummer versehenen Kassenschecks sichert.

Die Stifte *f* der Tasten *A* und *C*, die das Addierwerk ausschalten, drücken den Schalthebel *i* einwärts, dessen Verbindungslasche *k* die von der Kurvenscheibe *l* bewegte Schubstange *m* soweit ablenkt, daß der Mitnehmerzapfen *n* im Langschlitz *o* leerläuft, also das Addierwerk nicht mit dem Schaltwerk kuppeln kann.

Bei der meistbenutzten mit * bezeichneten Barverkauftaste wird aus Gründen verringerter Abnutzung die Feder *c* (Abb. 2) überwunden und die Sperrstütze *d* (Abb. 2) so gehalten, daß der Entriegelzapfen *p* (Abb. 6 und 7) auf die schräge Fläche *y* (Abb. 2) aufläuft und dort (genau wie beim Betrag null) festgehalten bleibt. Die Stellscheibe *q* (Abb. 6 und 7) treibt durch das Zwischenrad *r* die Verkaufanzeige *s* an, wirkt über Zahnrad *t* und Hohlwelle *u* auf das Sondertypenrad und wählt die Postenzähler aus.

Im Gegensatz zu der mit *W* bezeichneten Wechseltaste werden die Tasten *, *A*, *C*, *R* erst frei, wenn eine Betragtaste gedrückt ist. Die Wechseltaste wird durch die Betragtasten gesperrt, wirkt auf Verkaufanzeige und Druckwerk, schaltet einen Leergangzähler und gibt den Kassengang frei, der das beabsichtigte Öffnen der Geldlade zur Folge hat.

Auslösung, s. Abb. 6

Sobald das Maul *d* den Haltezapfen *a* umfaßt, dreht sich der Kassensperrhebel *e* um die Sperrwelle *v* und gibt am Anschlagarm *w* drei Anschlagnasen frei. Die erste (nicht gezeichnete) Nase eilt unter Federwirkung vor, damit der Laufkranz des Haupttriebrades *x* durch die eingebauten Freilaufrollen mit dem Kuppelstern der Hauptwelle *m*, Abb. 2, verbunden wird, die am Anschlag *y* freigegeben wurde. Die Freigabe des Anschlages *z* bewirkt, daß die Stromschlußscheibe a_1 unter Federkraft voreilt, die Rolle b_1 des Winkelhebels c_1 anhebt und durch Feder d_1 die Kontakte e_1 des Kabels f_1 zum Motor g_1 schließt.

Löschung, s. Abb. 6 und 7

Am Ende des Maschinenspiels erhält die Löschwelle h_1 eine Rechtsdrehung. Der Zapfen i_1 des Armes k_1 holt mit der Zugstange l_1 den Kassensperrhebel e wieder herein, Gleitschieber c federt vor, die Tastensperrschwingen fallen und die Tasten springen zurück. Gleichzeitig wird die Freilaufkupplung angehalten, die Stromschlußscheibe a_1 gespannt, der Stromkreis geöffnet, der Motor elektrisch gebremst und die Hauptwelle am Anschlag y festgelegt. Eine während des Kassenganges gespannte Feder sorgt in Verbindung mit der Schlußstellscheibe dafür, daß die Hauptwelle genau in die Ausgangslage zurückkommt, was bei Handbetrieb durch harten Anschlag der Kurbel erreicht wird.

Die Drehung der Löschwelle h_1 dient auch zur Berichtigung falsch gedrückter Betragtasten. Eine (nicht gezeichnete) Löschtaste drückt den Hebel z, s. hierzu und für die folgenden Bezeichnungen Abb. 2, nieder und zieht mit den Stiften a_1 an den Zapfen b_1 sämtliche Sperrstützen d soweit vor, daß die Tastensperrschwingen niederfallen und mit den Auflageflächen c_1 auf die Ansätze d_1 zu liegen kommen. Die Sondertasten-Sperrschwinge und der Kassensperrhebel sind in Abb. 8 und 9 vor und nach der Verblockung einzeln dargestellt.

Ausrichtsperren

Im Schauwerk sollen alle Ziffern und Zeichen in gleicher Höhenlage erscheinen, obwohl die vielen Hohlwellen, Verbindungsklauen und Zahnräder, die zwischen Stellscheiben und Anzeigerollen liegen, auch bei genauester Bearbeitung unvermeidliche Spielräume ergeben. Ein Ausrichtbalken, der beim Aufgehen der Blenden in erweiterte Zahnlücken eines Zwischenradsatzes, der alle Stellen umfaßt, federnd eingelegt wird, richtet das Schauwerk genau aus und gibt mit dem Niederfallen der Blenden die neu eingestellten Schaurollen wieder frei. In ähnlicher Weise wirkt ein Ausrichtbalken auf den Typenradsatz, der ebenfalls durch viele ineinandergeschobene, geteilte Hohlwellen und Zahnradübertragungen mit den Stellscheiben des Schaltwerks in Verbindung steht.

Verblockungen

Zur Verhütung von Bedienungs- und Schaltfehlern bestehen Sicherungen und Verblockungen, von denen folgende von Bedeutung sind: Betragtasten können nicht gedrückt werden, wenn das Kassensperrschloß nicht geöffnet, der Kassengang nicht beendet, die Wechseltaste gedrückt, die Geldlade nicht geschlossen, der Maschinengang schon ausgelöst, die Addierwerk-Nullstellung begonnen, der Buchungsstreifen zerrissen oder abgelaufen ist.

Die Wechseltaste ist verblockt, wenn das Kassensperrschloß noch geschlossen, der Kassengang nicht beendet, eine Betragtaste gedrückt, die Geldlade noch offen, das Maschinenspiel bereits eingeleitet, die Addierwerk-Nullstellung begonnen oder ein Kassenbeleg nicht eingeführt ist.

Sondertasten können nicht gleichzeitig und nur dann gedrückt werden, wenn wenigstens eine Betragtaste eingestellt worden ist; sie sind außerdem noch besonders

Abb. 8 und 9
Sondertasten-Sperrschwinge und Kassensperrhebel.

a Haltezapfen
b Sondertasten-Sperrschwinge
c Gleitschieber
d Maul
e Kassensperrhebel
l_2 Bohrung der Pendelwelle
v Bohrung der Sperrwelle
w Anschlagarm

Abb. 10
Dreizähler-Hebelkasse für Scheckdruck mit drei Schubladen.

a Sonderhebel
b Motortaste
c Schalthebel
d Buchungsstreifen
e Scheckabsteller
f Nullstellzähler
g Löschhebel
h Verkäuferhebel
i Verkäuferschlösser
k Betraghebel
l Addierwerke

gesperrt, wenn im Quittungsdruckwerk der Kassenbeleg oder der Kassiererstempel fehlt. Während des Kassenganges ist die Löschtaste, der Buchungsstreifen, die Addierwerk-Nullstellung gesperrt, der Kassenbeleg kann nicht entfernt werden.

An Registrierkassen kommen Schlösser verschiedener Gestalt und Wirkungsweise vor: An der Schublade, am Druckwerkgehäuse und an der Motorzugangsklappe genügen einfache Riegel-Zuhaltungsschlösser. Schlösser mit drehbarer Nuß sind u. a. vorgesehen an den drehbaren Blenden, welche die Nullstellöffnungen der Addierwerke und Postenzähler verschließen. Das Kassensperrschloß hat eine Stellung, die die Schließung der Geldlade verlangt, eine, die bei offener Geldlade die Tasten freigibt, und eine dritte, die alles verschließt. Die Drehbewegung der Nuß kann auch in eine Gleitbewegung umgewandelt und die Nuß so gestaltet werden, daß sie nach Einführung und Weiterbewegung des Schlüssels selbst als Taste wirkt.

Um bei Addierwerken und Postenzählern die inzwischen erreichten Zahlenwerte nach erfolgter Ablesung wieder auslöschen und alle Zahlenwerte auf null stellen zu können, greifen diese mit federnden Klinken derart in eine scharfe Längsnut der gemeinsamen Achse, daß sie beim Zählen nicht behindert sind, dagegen mitgenommen werden, wenn die Achse im zählenden Sinne gedreht wird. Dies geschieht meist gelegentlich der Abrechnung durch den wichtigen Nullstellschlüssel, den man nach Öffnen des Blendenschlosses auf die Nullstellachse schiebt und bis zum festen oder auch federnden Anschlag einmal rechts herum dreht.

Einteilung der Kassen

Man unterscheidet nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Art und Form der Einstellmittel,
2. Zahl und Anordnung der Addierwerke,
3. Größe und Verwendungszweck des Kassenbeleges,
4. Anzahl und Bestimmung der Geldschubladen.

Hebel- oder Tastenkassen

Wird das Schaltwerk durch Hebel bedient, die meist radial aus entsprechenden Schlitzen des Einstellfeldes herausragen, so werden damit auch sogleich im Schau- und Druckwerk die neuen Werte eingestellt, so daß der fol-

gende Kassengang sofort mit dem Zählen und der Betätigung des Druckwerks beginnen könnte. Die Hebelkasse, Abb. 10, ist somit die einfachste Kasse, die besonders dort geeignet ist, wo für aufeinanderfolgende gleiche Einstellungen die Hebel stehenbleiben können.

Bei Tastenkassen soll Hub- und Kraftbedarf der Einstellung gering sein, weil an regen Geschäftstagen über 4000 Kassengänge vorkommen. Da die Ruhestellung des Schaltwerks der Null entspricht, sind Tasten für Null nicht erforderlich. Löschtasten können sowohl für einzelne Reihen als auch für das ganze Tastenfeld vorgesehen sein. Bei selbstberichtigenden Tasten springt die schon gedrückte Taste wieder heraus, sobald eine zweite Taste derselben Reihe gedrückt wird.

Wenn auch bei der Tastenkasse, s. Abb. 1, die inneren Bewegungsvorgänge umständlicher sind und rascher erfolgen müssen, ist sie doch der Hebelkasse in der schnellen, leichten und sicheren Bedienung überlegen.

Ein- oder Mehrzählerkassen

Es hat sich bei der Kassenbenennung eingebürgert, Addierwerke auch als Zähler zu bezeichnen, obwohl der Zähler nur um 1 weiterschaltet, während das Addierwerk jede Stelle um 9 weiterbringen kann.

In Kleinläden und vielen Sondergeschäften kommt man mit einem ablesbaren Addierwerk aus. Wo aber mit mehreren Kellnern oder Verkäufern schnell abgerechnet werden muß, sollten die Einnahmen jedes Angestellten aus besonderen Unteraddierwerken, deren Gesamtsumme im Hauptaddierwerk aufgerechnet ist, jederzeit zu erkennen sein.

Sind nur zwei Addierwerke vorgesehen, die gleichzeitig schalten, so kann das eine etwa für die Tageseinnahmen dienen, während das andere zu Kontrollzwecken erst in längeren Zeiträumen auf null gestellt wird. Richtet man dagegen wahlweise Schaltung ein, so könnte beispielsweise im Gasthausbetrieb ein Addierwerk den Umsatz für Speisen, das andere jenen für Getränke aufnehmen. Bei insgesamt drei wahlweise schaltbaren Addierwerken wäre unter Verzicht auf das Hauptaddierwerk Trennung der Einnahmen nach drei verschiedenen Gesichtspunkten möglich.

Erheblich leistungsfähiger ist eine Kasse, die außer dem Hauptaddierwerk bis zu sechs durch abnehmbare Schlüsseltasten auszuwählende Unteraddierwerke enthält, die sechsstellig sind, also Werte bis 9999,99 aufnehmen können.

Abb. 11
Zähleinrichtung.

Abb. 12
Zehnerschaltvorrichtung.

Abb. 13
Unteraddierwerk (Schnitt A—B in Abb. 12 vergrößert).

Abb. 14
Addierwerkgruppen mit Planetenträger.

- a Zahnrad
- b Zwischenrad
- c Achse
- d Schaltrad
- e Planetenräder
- f Zapfen
- g Schieber
- h Lenker
- i Stehbolzen
- k Richtbalken
- l Feder
- m Hauptwelle
- n Arme
- o Rückholstange
- p Rollenzapfen
- q Schubstange
- r Hubscheibe
- s, t Ausleger
- u Führungskämme
- v Abstandstifte
- w, x Träger
- y Zapfen
- z Rahmen
- a_1 Bolzen
- b_1, c_1 Stehbolzen
- d_1 Seitenbleche
- e_1 Addierwerkachsen
- f_1 Verlängerungen
- g_1 Ritzelachse
- h_1 Feder
- i_1 Ausrichtklinge
- k_1 Verbindungsstange
- l_1 Verzahnung
- m_1 Zählrad
- n_1 Übersetzungsrad
- o_1 Zehnerschaltrad
- p_1 Teilverzahnung
- q_1 Feder
- r_1 Schleifkranz
- s_1 Zehnerschaltritzel
- t_1 Schalttasche
- u_1 Zapfen

Abb. 15. Datumwalze.

a Antriebritzel
b Antriebzapfen
c Kupplung
d Nullstellachse
e Vorderzeilen-Druckstock
f Laufnummer
g Datumtypenräder
h Datumsteller
i Nullstellgriff
k Laufkranz
l Transportwulste

Abb. 11 bis 14 zeigen die sechs Addierwerke in zwei unabhängigen Gruppen. Das erste und dritte von oben sind als eingekuppelt gezeichnet; es können somit drei Addierwerke unabhängig voneinander und gleichzeitig arbeiten.

Von Hohlwellen *r*, s. Abb. 2, abgeleitet, treibt in jeder der sechs Ebenen ein Zahnrad *a* über Zwischenrad *b* das auf Achse *c* lose laufende gemeinsame Schaltrad *d* an, das die Zählbewegung des Schaltwerkes durch Planetenräder *e* auf je zwei der konzentrisch angeordneten sechs Unteraddierwerke überträgt. Zu Beginn des Kassenganges holt eine Kurvenscheibe (nicht sichtbar) der Hauptwelle *m* am Zapfen *f* des Schiebers *g* den an Lenkern *h* um Stehbolzen *i* schwingenden Richtbalken *k* zurück, der im vorhergehenden Kassengang die Spielräume ausgeglichen und sämtliche Schalträder in der erreichten Endstellung festgehalten hat.

Weiterhin bringt Feder *l* an den um Achse *c* schwingenden Armen *n* die Rückholstange *o* in die durch Abb. 14 dargestellte Lage, sobald der Rollenzapfen *p* der Schubstange *q* vom höchsten Punkt der Hubscheibe *r* abgeglitten ist. Das gibt die Ausleger *s* und *t* der durch Abstandstifte *v* und Führungskämme *u* seitlich gehaltenen, auf Achse *c* drehbaren Träger *w* und *x* der auf Zapfen *y* laufenden Planetenräder frei, nachdem vom Schaltwerk die Schalträder in die Ausgangslage zurückgebracht und die beiden mit Rahmen *z* um Bolzen a_1 der durch Stehbolzen *i*, b_1 und c_1 verbundenen Seitenbleche d_1, schwenkbaren Addierwerke eingekuppelt worden sind. Diese Kupplung bewirkt ein mit sechs Einholzapfen besetzter, durch Hubscheibe angehobener (nicht gezeichneter) Sektor, der die unter radialer Federung stehenden Addierwerkachsen e_1 an Verlängerungen f_1 mittels jener Winkelhebel (nicht dargestellt) hereinholt, die zuvor von den Schlüsseltasten in die Bahn der Einholzapfen gebracht worden sind.

Beim Einschwenken wird die um Ritzelachse g_1 drehbare, mit Feder h_1 belastete Ausrichtklinke i_1 von der Verbindungsstange k_1 aus der Verzahnung l_1 des Zählrades m_1 herausgeholt und das mit dem Übersetzungsrad n_1 verbundene, auf der Addierwerkachse lose laufende Zehnerschaltrad o_1 in die entsprechende Teilverzahnung p_1 der Träger *w* und *x* eingelegt. Die von den Federn q_1 versuchte Rechtsdrehung dieser Träger verhütet der Schleifkranz r_1 des Zählrades der niederen Ordnung, der sich in die Zahnlücke des vierzähnigen Teiles des Zehnerschaltritzels s_1 legt, das seinerseits mit seinem achtzähnigen Teile in das der nächsthöheren Stelle zugeordnete Übersetzungsrad n_1 eingreift. Solange auf diese Weise das Zehnerschaltritzel den Träger *w* oder *x* in der Ruhelage sperrt, überträgt das Schaltrad *d* nur die in das Schaltwerk der Kasse hineingezählten Werte auf das Zählrad m_1.

Wird dabei die 9 überschritten, so nimmt die Schalttasche t_1 des Schleifkranzes das Zehnerschaltritzel um zwei Zahnteilungen mit, hebt den davon betroffenen Träger unter Mitwirkung der Feder q_1 an, wodurch sich das betreffende Planetenrad auf dem feststehenden Schaltrad abrollt und somit noch während des Zählens das Zählrad m_1 der nächsthöheren Stelle um einen zusätzlichen Teilweg

Abb. 16
Quittungsdruckwerk für Doppelzetteldruck mit Farbkissen.

a Zetteltransport
b Zettelfühler
c Drucktisch
d Typenradsatz
e Absteller
f Farbkissen
g_1 Buchungsstreifen
h Datumsteller
i Nullstellschlüssel
k Schubhebel
l Aufwickelwalze
m Abwickelwalze
n Schalthebel

Abb. 17
Datum- und Laufnummernräder des Quittungsdruckers.

a Typenrad der Jahreszahl
b „ „ Monate
c „ „ Tage
d Datum-Stellknöpfe
e Nullstellschlüssel
f Einstellzeiger
g Greifer
h Laufnummern-Typenräder
i Nullstellwelle
k Sperrklinken

weiterdreht. Gegen Ende des Maschinenspiels springen mit den Schlüsseltasten auch die gekuppelten Addierwerke wieder heraus, und die Rückholstange *o* bringt die Träger *w* und *x* an den Auslegern *s* und *t* bis zum Anschlag am Stehbolzen *i* in die Ruhelage zurück. Das Planetenrad *e* der niedrigsten Ordnung kann, da es Zehnerschaltungen nicht vermittelt, auf Zapfen u_1 des Seitenbleches ortfest gelagert sein.

Größere Betriebe, Banken und Behörden verlangen noch bedeutend mehr Möglichkeiten, das ein- und ausgehende Geld auf verschiedene Angestellte, Warengattungen oder Konten verteilen zu können. Bei solchen sogenannten Mehrzählerkassen sind in Anlehnung an die Neuner-Teilung der Betragtastenreihen die Unteraddierwerke meist in Gruppen von je neun Werken zusammengefaßt, die mit dem Schaltwerk, der Steuerung, der Auswahl-, Kuppel- und Zehnerschaltvorrichtung in Verbindung stehen.

Scheck- oder Quittungsdrucker

Die Datumwalze, Abb. 15, des in Abb. 5 dargestellten Scheckdruckwerks, deren Transportwulste die Schecklänge bestimmen und die, exzentrisch eingebaut, den Zähler der Laufnummer sowie die Datumtypenräder enthält, stellt wegen der Genauigkeit aller Teile ein bemerkenswertes Erzeugnis der Feinmechanik dar.

Das in Abb. 16 gezeigte Quittungsdruckwerk ist dort am Platze, wo Verkäuferzettel, Rechnungen oder lose Blätter als Kassenbelege dienen und meist in einer Zeile ein- oder mehrmals mit Datum, Laufnummer, Geschäftsart und Betrag bedruckt werden sollen. In Abb. 17 ist der Zähler der Laufnummer und die Verbindung der

Abb. 18
Quittungsdruckwerk für Doppelzetteldruck mit Farbband.

a Zettelfühler
b Spannrolle
c Farbband
d Zetteltransport
e Drucktisch
f Nullstellschlüssel
g Druckpolster
h Zettelauflage

Abb. 19
Gestänge des Zettelfühlers.

a Bügel für die Sondertasten *b* Zugstange *c* Anschlagarm
d Sperrwinkel *e* Fühlerfläche

Wird beim Einschalten einer Sondertaste die niedergehende Fühlerfläche nicht vom Belegzettel aufgehalten, so fängt der hochgehende Sperrwinkel den Anschlagarm der Zugstange auf und verhindert durch Sperrung der Sondertasten, daß der Kassengang erfolgen kann.

Datumtypenräder mit den täglich weiter zu schaltenden Datum-Stellknöpfen dargestellt.

Bei mehrfachem Zetteldruck ist Einfärbung mit Farbband günstiger als solche durch Farbkissen. Farbbanddruck, Abb. 18, wirkt zwar im allgemeinen nicht so scharf und tief wie Kisseneinfärbung, es wird aber das beim Personal nicht sehr beliebte Tränken vermieden und beim Kassengang das An- und Abschwenken erspart.

Verkäuferzettel läßt man vorteilhafterweise von oben einfallen, während Rechnungen und Blätter, die zeilenweise bedruckt werden sollen, auf ebenen, mit Anschlag und Zeilensteller versehenem Drucktisch oder Gleitschlitten bequemer aufzulegen sind. Es kann ein Zettelfühler, Abb. 19, vorgesehen sein, der beim tastenden Auftreffen auf das Papier das Einschalten der Motortasten nicht hindert, diese jedoch verblockt, wenn er beim Eintreten in einen Tischplattenausschnitt vom (versehentlich nicht eingelegten) Kassenbeleg nicht aufgefangen wird.

Warenhäuser möchten zur schärferen Warenüberwachung vom zweimal bedruckten Verkäuferzettel einen Quittungsstreifen abschneiden lassen und in einem mit Kontrollzähler ausgerüsteten Zettelfach sammeln oder aufstapeln. Hierzu eignen sich Rundmesser, *n* in Abb. 20, durch deren Längsschlitz der Zettel bis zu seiner Schnittlinie hindurchgleitet, um dann durch eine geringe Drehung des schneidenden Innenzylinders an der scharfen Kante der ihn umschließenden Hülse abgetrennt zu werden.

Da das an sich breitere Quittungsdruckwerk, s. Abb. 16, auch einen breiteren Buchungsstreifen *g* enthält, ist zur Papierersparnis und besseren Einordnung vorgesehen, gleiche Zeilenabstände dadurch zu erreichen, daß der die Aufwickelwalze *l* drehende Schubhebel *k* mit zunehmendem Walzendurchmesser immer weiter außen angreift und infolgedessen der Winkelweg, dem Durchmesserzuwachs entsprechend, stetig kleiner wird. Das breite Druckwerk eignet sich auch zur Herstellung von Doppelschecks, Abb. 20, die zweimal bedruckt, durch Einstiche oder Schnitte getrennt und dann geteilt oder ungeteilt ausgeworfen werden.

Ein- oder Mehrschubladenkassen. Bedienen mehrere Kassierer im Schichtwechsel, oder etwa im Warenhaus mehrere Verkäufer beliebig abwechselnd eine Kasse, so sind auch mehrere Geldschubladen über- oder nebeneinander angeordnet, deren regelrechte Auslösung von abschließbaren Personaltasten abhängt.

Es ist erwünscht, aber leider nicht möglich, mit einer Einheitskasse überall auszukommen. Apotheker und Optiker fordern z. B. einen verbreiterten, ständig von der Druck- in die Schreibstellung springenden Buchungsstreifen, um vor oder hinter den Betrag Bemerkungen schreiben zu können. Bei anderen Sondergeschäften muß auf andre Eigenheiten, bei Auslandkassen auf die Landessprache, Rücksicht genommen werden.

Um alle Sonderwünsche erfüllen zu können, ist von jeher im Kassenbau auf einheitliche Durchbildung der Tastenreihen und darauf geachtet worden, daß Einzelteile und Gruppen in weiten Grenzen eingefügt oder weggelassen werden können. Das Ziel der Entwicklung ist aber auf eine möglichst alle Leistungen umfassende Maschine gerichtet, aus deren Einheitselementen durch Änderung des Gehäuses und Rahmenbaues alle Kassen kleinerer Leistung gebildet werden können.

Buchungsmaschinen

Diese Entwicklung führt zur Buchungsmaschine, Abb. 21. Sie soll nicht nur große Beträge zusammenzählen und abziehen, sondern auch den von schreibenden Addier-

Abb. 20
Sechskellnerkasse für Doppelscheckdruck.

a Schlüsseltaste
b Kellnerschlösser
c Unteraddierwerke
d Nullstellöffnungen
e Nullstellschloß
f Scheckrolle
g Scheckstreifen
h Firmendruckstock
i Farbwalze
k Farbband
l Spannrolle
m Nullstellschlüssel
n Rundmesser
o Filzrolle

RZ2077Z21

Abb. 21. Buchungsmaschine.

Diese Buchungsmaschine kann bis 36 Addierwerke haben und druckt an vier Stellen zugleich. Die einzelnen Posten werden gleichzeitig auf je ein Addierwerk von 1 bis 9 für verschiedene Kassierer und von A bis Y für verschiedene Geschäftszweige übertragen. Beim Tagesabschluß druckt man die Summen der einzelnen Addierwerke (Sa) gruppenweise ab. Unter jede Gruppe werden die Gesamtsummen gleichfalls von der Maschine gedruckt. Die Übereinstimmung der Gesamtsummen (S) beider Addierwerkgruppen bietet Gewähr für richtiges Rechnen aller Addierwerke und Richtigkeit des Tagesabschlusses.

Rechnet ein Kunde mehrere Teilbeträge gleichzeitig ab, so werden die mit Sa bezeichneten Einzelposten von der Maschine summiert, und die so gebildete Summe wird auf den verschiedenen Kassenbelegen, mit S bezeichnet, gedruckt.

maschinen her bekannten Summendruck ermöglichen, weil bei vielen Addierwerken, die abgelesen und auf null gestellt werden müssen, die Unterbringung zu schwierig, die Bedienung zu umständlich ist.

Um aus einem beliebigen Addierwerk den jeweiligen Betrag auf das gemeinsame Druckwerk zu übertragen, könnte ein besonderer Kassengang die Zählräder des wie sonst eingekuppelten Addierwerks bis zu festen Anschlägen auf null zurückbringen und somit Schau- und Druckwerk auf den Betrag einstellen, der zuvor im Addierwerk enthalten war. Die Stellriegel würden dann nicht durch Anschlag der Fühler an den Tastenfüßen, sondern dadurch verblockt, daß die Nullanschläge der Zählräder die Stellriegel von den Mitnehmerscheiben abziehen und in den Riegelrasten festlegen. Würde das Addierwerk nach erfolgtem Summendruck noch vor der Rückbewegung von den Stellscheiben entkuppelt, so blieben die Zählräder auf null stehen, und der Abdruck stellte die Endsumme dar. Bliebe die Addierwerkkupplung aber gewahrt, so brächte die Rückbewegung der Stellscheiben das Addierwerk auf den alten Betrag zurück, es wäre somit nur eine Zwischensumme gedruckt worden.

Die Weiterentwicklung dieser Schaltvorgänge ist in der Buchungsmaschine verkörpert, die mit entsprechenden Kuppeleinrichtungen, Steuerungsteilen und Schaltwerken für die verschiedenen Gangarten ausgerüstet, zu Buchungsleistungen ausgebaut werden kann, die den höchsten Forderungen sicher genügen. Abb. 21 zeigt eine Ausführungsform, deren vorgelagertes Druckwerk ein eigenes Tastenfeld für Datum und Nummern aufweist und genügend Druckstellen enthält, um alle erwünschten Belege mit den Einstellungen der Maschine klar und übersichtlich zu bedrucken. In Abb. 22 ist die Druckzeile einer Steuerkarte, in Abb. 23 ein Buchungsstreifen dargestellt.

An Versuchen, die Registrierkassen rein elektrisch weiterzuentwickeln, hat es nicht gefehlt; auch sind die im Verwaltungs- und Verkehrswesen viel benutzten Lochkarten oft zum Gegenstand von Versuchen und Entwürfen gemacht worden. Die endgültige Verwirklichung dieser Gedanken und ihr Einfluß auf die Kassenfertigung sind heute noch nicht abzusehen.

Bezirk- / Steuer- Nummer	Gangart- / Rechwerk- / Addierwerk- Zeichen	Kassen-Nummer	Betrag	Unterscheidungszeichen	lfd. Nummer
054 /0254	- Sa - M1	ო	*****15,50		16030
054 /0254	z Sa - M1	ო	******0,50		16031
054 /0254	- S☆ - - -	ო	*****16,00		16032
054 /5430	- - - Y1	ო	*****53,45	e	16033
054 /0764	- - - R3	ო	*****55,45		16034
054 /5440	- - - M6	ო	****.100,00		16035
056 /0045	- - - S8	ო	****.505,00		16036
089 /0605	- - - T4	ო	*****23,45		16037
056 /5432	- - - V2	ო	***5.556,57		16038
056 /0432	- - - P7	ო	******5,30		16039
056 /3210	- - - R3	ო	**54.321,50		16040

RZ2077Z23

Abb. 23 Buchungsstreifen.

Konstruktion

Das Streben geht im Kassenbau weniger nach Festigkeitsrechnungen und technischen Formeln, als nach neuen Gedanken, Entwürfen und Patenten. Dabei soll der Konstrukteur im kleinsten Raum größte Leistungen unterbringen, die Bewegungsvorgänge möglichst ohne Federn einfach und formschlüssig gestalten und erreichen, daß trotz unvermeidlicher Spielräume der Verbindungsstellen auch bei großer Abnutzung am Ende der Übertragungskette die beabsichtigte Wirkung sicher eintritt. Beim langsamsten Gang darf die Reibung, beim schnellsten die Beschleunigung der Massen nicht stören. Das Weiterschleudern bewegter Teile muß verhütet, der Abnutzung unterliegende Stücke sollen nachstellbar sein. Damit die je nach der Tasteneinstellung sich anders häufenden Bewegungsvorgänge nicht zu hohe Spitzen im Drehmoment erzeugen, sind an der Hand von Zeit- und Wegdiagrammen die Eingriffpunkte zu regeln und Übergänge abzugleichen.

Die Herstellung der Kassen in Massenanfertigung ist vorwiegend auf dem Schlicht-Passungssystem der Einheitswelle aufgebaut. Unter den vielen Sondereinrichtungen sind u. a. die Prüfmaschinen zur Erprobung der fertigen Kassen bemerkenswert. Beim maschinellen Dauerprobelauf der fertigen Kasse werden in wechselnder Einstellung bis 30 000 Kassengänge durchgeführt.

Dank allen diesen Maßnahmen in der Konstruktion, der Herstellung, Verwendung besten Baustoffs und der weitgehenden Prüfung ist es dem deutschen Kassenbau überraschend schnell gelungen, den zeitweiligen Vorsprung ausländischen Wettbewerbs nicht nur aufzuholen, sondern nach eigenen Entwürfen Maschinen höchster Leistungsfähigkeit und Lebensdauer zu schaffen, die man immer mehr als zuverlässige, unbestechliche Mitarbeiter und Mehrer des wichtigsten menschlichen Tauschmittels — des Geldes — erkennt. [B 2077]

Eingangstag	Verrechnungstag				
29 AP 28	22 JL	592 /2426	z Sa E - 5 ∾	***2.573,89	a 54792

Abb. 22 Druckzeile einer Steuerkarte (natürliche Größe).

Die Lochkartenmaschinen

Von Dr.-Ing. Richard Berger, Berlin

Die Geschichte, Arbeitsweise und Anwendung der Lochkartenmaschinen, ihre Kopplung mit andern Bureaumaschinen wird beschrieben und die Lochkartei mit der Handkartei verglichen.

Eine große Anzahl behördlicher, kaufmännischer, Betriebs- und mancher wissenschaftlicher Verrechnungen beruht auf der Anwendung statistischer Verfahren. Buchungen, Abrechnungen, Übertragungen, Preisbestimmungen, Lohnberechnungen, Bestandaufnahmen, Rechnungsauszüge, Anteilabrechnungen, Lager- und Fabrikübersichten usw. können bei Großunternehmungen einen solchen Umfang annehmen, daß sie mit menschlichen Arbeitskräften nur sehr langsam und unwirtschaftlich erledigt werden können. Die Verwaltung hat manchmal eine gründliche Überwachung noch nötiger als der Betrieb. Hier greifen Bureaumaschinen helfend ein, deren Leistungen den Fernerstehenden überraschen.

Einführung

Zweck der Lochkartenmaschinen

Die Lochkartenmaschinen haben den Zweck, unter Verwendung der in Karteien niedergelegten statistischen Angaben, alle möglichen statistischen Arbeiten selbsttätig auszuführen. Dazu gehören z. B. listenförmige Aufzeichnungen und Zählungen, die diese Maschinen den Karten entnehmen, verrechnen und in Zahlentafeln eintragen. Die einst bei Großunternehmungen in Jahresberichten zusammengestellten statistischen Angaben genügen heute nicht mehr. Sie kommen für den rechtzeitigen Eingriff zu spät. Die Lochkartenmaschinen aber ermöglichen es den Leitern von Großunternehmungen, über alle statistisch erfaßbaren Vorgänge dauernd auf dem laufenden zu sein und sich sofort über die Wirkungen von Maßnahmen zu unterrichten.

Damit die Maschinen die ihnen gestellten Aufgaben erfüllen können, müssen natürlich die Aufzeichnungen in den Karten in eine für die maschinelle Auswertung besonders geeignete Form gebracht werden.

Zur Geschichte der Handkartei

Die erste statistische Arbeit ist das Aufschreiben der Unterlagen. Wir müssen sie in einer für den Gebrauch möglichst bequemen und übersichtlichen Form vornehmen, die Veränderungen und Neueintragungen ermöglicht, ohne die Übersichtlichkeit zu stören. Diese Aufgabe wurde zuerst von Johann Jakob Moser (1701 bis 1787) gelöst. Er war Völkerrechtslehrer, wurde in Stuttgart geboren und hat dort 1885 ein Denkmal erhalten. Wie er angibt, brachte er seine Aufzeichnungen auf Kartenblätter; Leitkarten erleichterten ihr Wiederfinden und Karteikästchen dienten als Sammelbehälter.

Das Anlegen einer Handkartei

Beim Anlegen der üblichen Handkarteien haben wir drei Entscheidungen zu treffen. Wir müssen zunächst den für die Statistik günstigsten Kartengegenstand auswählen, dann innerhalb der Karte uns für die zweckmäßigste Gruppeneinteilung der Angaben entscheiden und schließlich die Karten in einer Reihenfolge aufstapeln, die ein rasches Auffinden der Karten ermöglicht. Legen wir z. B. eine Büchereikartei an, so werden wir als Kartengegenstand am besten die Angaben über ein einzelnes Buch wählen. Wird für jedes Buch eine besondere Karte angelegt, dann haben wir den Begriff „Buch" als Kartengegenstand und Karteneinheit genommen. Als Gruppeneinheiten innerhalb jeder Karte werden wir nun wählen: Fachgebiet, Buchüberschrift, Verfasser, Verleger, Ort und Jahreszahl des Erscheinens usw. Die Wahl des Kartengegenstandes und der Gruppeneinheiten macht selten Schwierigkeiten, die Entscheidung darüber, in welcher Reihenfolge die Karten aufzubewahren sind, ist aber häufig nicht leicht.

In der mechanischen Statistik nennt man diese Aufgabe das Sortieren der Karten. Bei einer Bücherkartei kann man z. B. die Karten nach Fachgebieten oder nach Verfassern ordnen. Vielfach werden daher zwei Karteien angelegt. Aber dann müssen alle Eintragungen doppelt gemacht werden und die Möglichkeit besteht, daß die Eintragungen in einer Kartei vergessen werden. Um das Anlegen mehrerer Handkarteien zu vermeiden und wichtige Untergruppen äußerlich sichtbar zu machen, werden oft Karten von verschiedener Farbe gebraucht, oder an den Karten äußere Kennzeichen, z. B. Einschnitte oder verschiedenfarbige Kartenreiter angebracht. Bei einer Maschinenkartei bestehen, wie wir später sehen werden, diese Schwierigkeiten der Handkartei nicht. Bei der Maschinenstatistik braucht man nur eine Kartei anzulegen, die von den Sortiermaschinen rasch in jeder gewünschten Kartenfolge geordnet wird.

Der Gebrauch der Handkartei

Wir kommen nun zum Ausführen statistischer Arbeiten unter Anwendung der Angaben einer Handkartei. Die übliche statistische Arbeit gliedert sich meist in drei verschiedene Tätigkeiten, Ordnen der Karten in einer bestimmten Reihenfolge (Sortieren), Zusammenzählen der eingetragenen Zahlenangaben (Addieren), Eintragen der statistischen Ergebnisse in Listen (Tabellieren). Ist die statistische Arbeit ausgeführt, so müssen die Karten einer Handkartei wieder in alter Ordnung aufgestapelt werden. Die Lochkartenmaschinen haben diese Arbeiten selbsttätig auszuführen.

Zur Geschichte der Lochkartenmaschinen

Der Erfinder der ersten Lochkartenmaschinen ist der nach den Vereinigten Staaten ausgewanderte Pfälzer Hermann Hollerith. Er wurde Beamter im Statistischen Amt der Vereinigten Staaten und hatte hier Gelegenheit, die Nachteile der Aufstellung von Statistiken aus Handkarteien kennenzulernen. Damit die Getriebe, die die statistischen Arbeiten auszuführen hatten, möglichst einfach wurden und sicher arbeiteten, entschied sich Hollerith für die Aufzeichnung der statistischen Angaben in sogenannter Lochschrift. Das bisher mit den menschlichen Augen vorgenommene Ablesen der Karten ersetzte er durch das Abtasten mit Bürsten oder Lochfühlern. Von ihm stammt das mechanische und elektrische Abfühlen der Lochkarten. Die Entscheidung Holleriths für die Lochkartei war naheliegend. Die Lochsteuerungen gehören zu den bekanntesten und ältesten für ähnliche Aufgaben. Es sei hier nur an die mit Lochkartengliedern oder -bändern gesteuerten Musikautomaten, Webstühle oder an die heutigen Schnelltelegraphen erinnert.

Der mit Hollerith am gleichen statistischen Amt in Washington angestellte Ingenieur Powers hat später gleichfalls unter Anlehnung an die Hollerithschen technischen Lösungen auf diesem Gebiete gearbeitet und weitere Neuerungen gebracht. Aber auch er behielt die Hollerithsche Lochschrift und Lochkarteneinteilung bei. Die von beiden Erfindern entworfenen und von anderen weiter entwickelten Maschinen werden in Deutschland von den deutschen Zweigfabriken zweier amerikanischer Gesellschaften vertrieben, von der Deutschen Hollerith-Maschinen-Gesellschaft, Berlin, die ihre Maschinen nur vermietet (Vertrag nur vom Mieter kündbar), und von der Deutschen Remington-Powers-Lochkartenmaschinen-G. m. b. H., die ihre Maschinen vermietet oder verkauft. Es sind wohl einfache Lochkartensortierer auch von europäischen Firmen auf den Markt gebracht worden. Eine ernste Konkurrenz ist aber den Amerikanern auf diesem Gebiete noch nicht erwachsen.

Die Lochkarte

Sie ist etwa 0,17 mm dick, hat die Größe 18,7 × 8,5 cm und enthält 45 Lotreihen, deren jede für die Aufnahme der Ziffern 0 bis 9 vorgesehen ist. Die einzelnen Lotreihen wollen wir künftig Spalten nennen. Eine Zeile der Karte enthält die gleichen Ziffern. Die Lochkarte wird noch in ein

oder mehrspaltige Einteilungsgruppen oder Felder unterteilt. In einer dreispaltigenGruppe können wir 999 Zahlen bzw. Möglichkeiten aufzeichnen. Die Karten werden unterschieden in Einheitskarten (Normalkarten), Vordruckkarten und Urschriftkarten.

Abb. 1 zeigt eine Vordruckkarte, welche das Lochen und Ablesen erleichtert. Denken wir uns den Vordruck am Kopf und die senkrechten Trennungsstriche zwischen den Gruppen fort, so haben wir eine Einheitskarte. Es können auch mit Hand- oder Maschinenschrift in eine Karte die urschriftlichen Belege eingetragen und nachträglich diese Aufzeichnungen in Lochschrift hineingestanzt werden. Eine solche Karte wird Urschriftkarte genannt, Abb. 2. Neben der Zehnerteilung sind auch noch Zwölferteilungen gebräuchlich (Jahr = 12 Monate, 1 Gros = 12 Dutzend, 1 Dutzend = 12 Stück usw.). Um bei solchen Zwölferteilungen mit einer Spalte auszukommen, wird die sogenannte Überlochung angewendet. Über der Ziffer 0 können noch zwei Lochungen vorgenommen werden, welche für die Ziffern 11 und 12 bestimmt sind. Die Überlochungen können auch noch anderen Zwecken dienen.

Abb. 1
Gelochte Vordruckkarte.

Abb. 2
Gelochte Urschriftkarte.

Die Eintragung in Lochkarten

Die erste maschinenstatistische Arbeit, das Aufzeichnen der statistischen Angaben, möge an einigen Beispielen gezeigt werden.

Sollen z. B. an Stelle einer Handkartei Lochkarten für eine Wetterwarte angelegt werden, so sind die Angaben der Handkarteikarte, Zahlentafel 1, nach dem nachstehenden Schlüssel in die Lochkarte der Abbildung 3 einzutragen. Wir bringen hier ein von Professor Pollak der Deutschen Universität Prag angegebenes Beispiel.

Abb. 3 zeigt, wie vorstehende Angaben in einer mit Lochkartenschrift ausgefüllten Karte aussehen. Die Spalte 45 ist übrig geblieben und steht zu weiterer Verwendung frei. Wollen wir noch andere Angaben, wie die Windrichtung, aufzeichnen, so müssen wir hierfür eine neue Karte anlegen und für die verschiedenen Windrichtungen usw. entsprechende Ziffern festlegen oder, wie der Fachausdruck lautet, „schlüsseln".

Den umgekehrten Vorgang stellt der Fall dar, aus einer Vordruckkarte, Abb. 4, die Angaben abzulesen.

Der Schlüssel hierzu ergibt folgendes:

Am 25. April erfolgte ein Versand unter der Rechnungsnummer 933 einer Menge von 50 000 Karten an den Kunden Nr. 388 unter Verwendung des Galvanos 17 der Kartenart 1 im Kartenbetrag von 315,50 ℛℳ mit einem Aufschlag von 10,50 ℛℳ im Fakturenbetrag von 326 ℛℳ, unter Versandart 9 nach dem Land Ungarn (25) über Vertreter 12. Die Karte wurde von der Locherin 4 gelocht.

Zahlentafel 1
Angaben der Handkartei einer Wetterwarte und Schlüssel zur Übertragung dieser Angaben in die Karte, Abb. 3

Karte der Handkartei		Schlüssel für die Lochkarte				
		Gruppen-Nr.	Gelochte Zahl	Anzahl der Spalten	Nr. der Spalten	Bemerkungen
Wetterwarte	Prag	I	4	2	1, 2	Die Prager Wetterwarte hat die Nummer 4
Jahr	1917	II	17	2	3, 4	2 Endziffern der Jahreszahl genügen
Monat	März	III	3	2	5, 6	März = 3. Monat
Tag	5	IV	5	2	7, 8	2 Spalten für 31 Tage
Luftdruck 7h V	740,6 mm	V	406	3	9, 10, 11	Die 3 letzten Ziffern genügen; die Angaben in $^1/_{10}$ mm Q.-S.
„ 2h N	738,6 „	VI	386	3	12, 13, 14	
„ 9h N	738,8 „	VII	388	3	15, 16, 17	
Mittlerer Luftdruck	739,3 „	VIII	393	3	18, 19, 20	
Höchsttemperatur	0,3 °	IX	3	3	21, 22, 23	In 0,1° angegeben
Tiefsttemperatur	— 5,6 „	X	556	3	24, 25, 26	Die Temperaturen unter 0° sind von denen über 0° durch zuzählen zu 50 unterschieden
Temperatur 7h V	— 5,6 „	XI	556	3	27, 28, 29	
„ 2h N	0,3 „	XII	3	3	30, 31, 32	
„ 9h N	— 0,4 „	XIII	504	3	33, 34, 35	
Mittlere Temperatur	— 1,9 „	XIV	519	3	36, 37, 38	
Mittlerer Dampfdruck	3.3 mm	XV	33	3	39, 40, 41	In 0,1 mm angegeben
Relative Feuchtigkeit	83 vH	XVI	83	3	42, 43, 44	

Abb. 3
Lochkarte einer Wetterwarte, deren Angaben mit der Zahlentafel 1 übereinstimmen.

Abb. 4
Beispiel einer Vordruckkarte über einen Versand.

Die Kartenlocher

Die Locher werden als Handlocher, als Elektromagnetlocher und Locher mit elektromotorischem Antrieb ausgeführt. Man kann auch mit billigen Mitteln diese Karten lochen[1]).

Der Hollerith-Handlocher, Abb. 5.

Die zu lochende Karte wird auf den Schlitten *a* gelegt und nach rechts bis zum Anschlag geschoben. Dann liegt die erste Spalte unter den zwölf hier nicht sichtbaren Lochstempeln, die mittels Federn hochgehalten werden. Durch den Druck der Hand auf eine der Lochtasten *c*, die zum bequemeren Gebrauch nicht alle untereinander, sondern in drei Reihen nebeneinander liegen, wird die zugehörige Ziffer in der mittels des Spaltenanzeigers *b* eingestellten Spalte der Karte gelocht. Nach dem Hochgehen der Taste springt der Schlitten selbsttätig um eine Spalte nach links weiter. In den Lochtastenreihen sind außer den Ziffern 0 bis 9 noch die Ziffern 11 und 12 für die bereits erwähnte Überlochung vorgesehen. Will man Spalten nicht lochen, sondern überspringen, so drückt man eine der Tasten des Tabulators *d*, deren Bezifferung die Anzahl der Spalten angibt, die übersprungen werden sollen. Die Leertaste *e* (*L*) bei den Lochtasten hat den gleichen Zweck wie die Tabulatortaste. Bei ihrem Druck springt der Schlitten um eine Spalte weiter. Die Auslöschtaste *f* hat die Aufgabe, den Schlitten mit der Karte beim Tastendruck wieder nach links in die Kartenablegestelle zu fördern.

Von geübten Bedienern werden bis 400 Karten in 1 h gelocht. Es kommen aber auch Höchstleistungen bis zu 500 Karten vor.

Der Powers-Handlocher, Abb. 6 und 7,

arbeitet ähnlich wie der Hollerith-Handlocher und ist wie manche Schreibmaschine mit Dezimaltabellen ausgerüstet.

Will man einer größeren Anzahl von Karten mittels eines einfachen Lochers die gleiche Lochung geben, so kann man den

Hollerith-Schnellstanzer, Abb. 8, anwenden. Mittels der Hebel *a* lassen sich die Locherstifte von neun aufeinanderfolgenden Spalten einstellen und beim Niederdrücken des Handhebels *b* ein Fünftel der 45 Spalten lochen. Der Kartenstoß wird auf den Auflegetisch *c* gelegt und unter die Lochstanzen geschoben.

Beim

Elektromagnetlocher,

Abb. 9, wird nicht die Muskelenergie der Hand, sondern die elektrische Energie verwendet. Durch den Fingerdruck wird vorübergehend ein Strom geschlossen und ein im Stromkreis befindlicher Elektromagnet wirkt über ein Getriebe hinweg auf den Lochstempel, der dann locht. Selbstverständlich wird nicht für jeden Lochstempel ein besonderer Elektromagnet vorgesehen, sondern für alle Stempel nur ein Elektromagnet, eine Kontaktstelle und ein

Abb. 5. Hollerith-Handlochmaschine mit Tabulator und Rechenanzeiger.

a Lochkarte auf Schlitten
b Reihen-(Spalten-)Anzeiger
c Lochtasten
d Tabulatortasten
e Leertaste (*L*)
f Auslöschtaste

Abb. 6 und 7
Der Powers-Handlocher.

a Lochkarte auf Tisch
b Spaltenanzeiger (Abb. 7)
c Lochtasten
d Tabulatortasten
e Leertaste
f Auslöschtaste

[1]) Vergl. Pollak, Anwendungen des Lochkartenverfahrens, Prager Geophysikalische Studien.

Abb. 8
Der Hollerith-Handlocher für gleichzeitiges Lochen mehrerer Karten (Schnellstanzer).

a Einstellhebel *b* Lochhebel *c* Auflegetisch für die Karten

Abb. 9. Der Hollerith-Elektromagnet-Locher.

a Lochkarte auf Schlitten und Tisch
b Spalten- oder Reihen-Anzeiger
c Lochtaster
d Platz zum Aufsetzen einer Sprungschiene für die Hubbegrenzung
e Leertaste
f Auslöschtaste

Anker. Beim Niederdrücken irgendeiner Taste wird jedesmal beim Stromschluß der Elektromagnet erregt und es werden nur die Getriebeteile der gedrückten Taste und des zugehörigen Lochstempels in den Wirkungsbereich des Magnetankers gebracht, so daß nur der zugehörige Lochstempel lochen kann. Für den Tabulator kann an der Stelle *d*, Abb. 9, eine Sprungschiene als Hubbegrenzung für den Schlitten eingesetzt werden. Im übrigen stimmt der Locher in der äußeren Anordnung im wesentlichen mit dem Handlocher, Abb. 5, überein.

Der Hollerithlocher mit Vor- und Nachstapel und Lochwiederholung

Um das zeitraubende Einlegen und Herausnehmen der einzelnen Karten zu ersparen, hat man Kartenlocher mit Vorstapelung der ungelochten Karten und Nachstapelung der gelochten Karten eingerichtet, Abb. 10. Dieser Locher arbeitet selbsttätig. Die ungelochten Karten werden in den Vorstapel *a* eingelegt und aus ihm beim Tastendruck durch den Messergreifer *b*, der die Hinterkante der untersten Karte erfaßt, beim Verschieben des Griffes *c* von Hand unter die Lochstempel geschoben. Ein Druck auf die Lochtaste *d* locht die Karte in der bereits erklärten Weise. Sobald das letzte Loch der letzten Spalte gelocht ist, wird die fertig gelochte Karte selbsttätig auf den Nachstapel *f* gelegt. Da häufig eine sehr große Anzahl von Karten in vielen Spalten gleichbleibende Lochungen erhalten, hat man auch die die einzelnen Karten ergreifenden Locher für Lochwiederholungen eingerichtet. Um sich hier den Tastendruck zu ersparen, legt man eine Karte mit der gleichbleibenden Lochung als Schablone *g* ein, wie Abb. 10 zeigt, und die Maschine locht dann selbsttätig und schablonengetreu Karten in beliebiger Zahl, indem Fühlbürsten *h* die Schablonenkarte elektrisch abtasten. Der Bediener der Maschine hat nur, nach dem Ablegen der fertig gelochten Karte auf den Nachstapel *f*, eine neue Karte aus dem Vorstapel unter die Lochstempel zu schieben.

Abb. 11. Der Powers-Locher mit Vor- und Nachstapel und Lochwiederholung.

a Vorstapel
b Locheinstelltasten
c Nachstapel
d Antriebmotor
e Tabulatoreinstellung
f Taste zur Ausführung der Lochung

Abb. 10
Der Hollerith-Locher mit Vor- und Nachstapel und Lochwiederholung.

a Vorstapel
b Messergreifer
c Handgriff zum Verschieben des Vorstapels
d Lochtaster
e fertig gelochte Karte
f Nachstapel
g Schablonenkarte
h elektrische Abfühlung der Schablonenkarte

Der Powers-Locher mit Vor- und Nachstapel und Lochwiederholung, Abb. 11

Dieser Locher hat keinen elektromagnetischen, sondern elektromotorischen Antrieb und gleichfalls Lochwiederholung. Bei Bedienung der Lochtasten *b* wird nicht, wie bei Hollerith, die zugehörige Ziffer sofort gelocht, sondern nur eingestellt. Infolgedessen ist es möglich, vor dem Lochen der Karte falsche Einstellungen noch zu ändern, ferner solche Zahlen, die in mehrere Karten hintereinander gestanzt werden sollen, in der Maschine eingestellt zu lassen. Sie werden dann selbsttätig in den folgenden Karten mitgelocht. Sobald die Vorbereitung zur Lochung der 45 Kartenspalten beendet ist, wird durch Niederdrücken der die Lochung ausführenden Taste *f* die ganze Karte auf einmal gelocht. Wie beim Hollerith-Locher sind Tabulatoreinstellungen *e* vorge-

Abb. 12
Der Powers-Schieberlocher.

a Antriebmotor
b Schieber
c Nachstapel (Vorstapel auf Gegenseite)
d Lochstempel
e Lochungstaste
f Gesamtfehlerlöscher
g Einzelfehlerlöscher

sehen, die das Überspringen von nicht zu lochenden Kartenspalten ermöglichen.

Der Powers-Schieberlocher, Abb. 12

An Stelle der Einstelltasten können auch Schieber benutzt werden. Die Schieber sind farbig und auswechselbar, so daß bestimmte Gruppen durch die Farben besonders hervorgehoben werden können. Auch dieser Locher hat Vor- und Nachstapel, selbsttätige Lochung und Lochwiederholungen bei festgestellten Schiebern. Vor dem Lochen der Karte kann die richtige Einstellung der Schieber geprüft und gegebenenfalls berichtigt werden. Für Urschriftkarten hat Powers besondere Sichtlocher gebaut.

Powers-Alphabetlocher

Buchstaben, die, wie unten erwähnt ist, von dem Powers-Tabellendrucker niedergeschrieben werden können, werden nach einem für das Alphabet festgelegten Zahlenschlüssel gelocht. Zum Übersetzen der Buchstaben in die betreffenden Zahlen dient der Powers-Alphabetlocher, der mit dem Tastenfeld einer Schreibmaschine ausgerüstet ist. Durch Anschlag der Buchstabentasten werden selbsttätig die entsprechenden Zahlen in der Lochmaschine eingestellt.

Koppelung von Kartenlochern mit Bureaumaschinen

Um Zeit zu sparen und zwischen den mit Bureaumaschinen, z. B. Schreib-, rechnenden Schreib- und Rechenmaschinen hergestellten Schriftstücken und den Lochkarten, die in einer Reihe von Spalten die gleichen Aufzeichnungen erhalten sollen wie die Schriftstücke, völlige Übereinstimmung zu erzielen, werden diese Bureaumaschinen mit Kartenlochern gekoppelt. Werden z. B. Rechnungen geschrieben, Zahlenreihen addiert und dergl., so wird bei diesen verbundenen Maschinen gleichzeitig mit dem Schriftstück, das die Bureaumaschine ausfüllt, eine Lochkarte durch den Kartenlocher in Lochschrift selbsttätig angefertigt, wodurch der Geschäftsvorgang gleichzeitig in den Lochkarten festgelegt wird.

Der Schreiblocher

Der Schreiblocher ist eine Verbindung zwischen einer der gebräuchlichen Schreibmaschinen und einem elektrisch angeschlossenen Kartenlocher. In Abb. 13 ist z. B. eine Stoewer-Schreibmaschine mit einem Hollerith-Locher verbunden. Auch Powers-Locher werden mit Schreibmaschinen gekoppelt. Die von der Schreibmaschine geschriebenen Zahlenreihen, für deren Aufnahme der Kartenlocher eingestellt ist, werden beim Hollerith-Locher sofort Ziffer für Ziffer in die Lochkarte eingeschrieben, beim Powers-Schreiblocher zum Lochen vorbereitet und nach Fertigstellung der einer Lochkarte entsprechenden Niederschrift beim Tastendruck der Lochungskarte auf einmal gelocht. In dem anzufertigenden Schreiben vorkommende, für die Lochkarte nicht bestimmte Zahlen werden mit vom Locher getrennten Tasten geschrieben.

Abb. 13
Hollerith-Locher mit Schreibmaschine.

Abb. 14
Powers-Kartenlocher mit Buchungsmaschine, durch Bowdenzug mechanisch gekoppelt.

Der rechnende Schreiblocher

Abb. 14 zeigt den Anschluß eines Powers-Kartenlochers (links) an eine rechnende Schreibmaschine. Auch Hollerith führt Kopplungen von Kartenlochern mit rechnenden Schreibmaschinen als rechnende Schreiblocher aus.

Alle mit der rechnenden Schreibmaschine für die Lochung eingestellten Zahlenreihen werden in die Lochkarten eingetragen. Nur das untere Tastenfeld der Schreibmaschine ist angeschlossen, das obere nicht. Daher werden nur die im unteren Tastenfeld getippten Zahlen auf die Locher übertragen. Die beim Niederschreiben der Zahlen dieses Feldes zeilenweise oder untereinander in den Zählwerken der Schreibmaschine ausgeführten Additionen und Subtraktionen werden ebenfalls in die Lochkarten in Lochschrift übertragen. Je nach der Art der Einstellung können Eintragungen wieder nur in einer von beiden Maschinen und bestimmte Zahlengruppen wechselseitig in der einen oder anderen Maschine oder gleichzeitig in beiden eingetragen werden.

Bei der Kopplung der Remington-Maschine mit dem Powers-Alphabetlocher wird auch der Buchstabentext, der auf der rechnenden Schreibmaschine geschrieben wird, in die Lochmaschine in entsprechender Lochschrift eingestellt. Die Powers-Lochmaschine ist auch mit Rücktaste und selbsttätigem Wagenrücklauf ausgestattet.

Der Addierlocher

Eine Kopplung zwischen einer Addiermaschine und einem Kartenlocher nennt man Addierlocher. Es sind auch hier wahlweise verschiedene Kopplungsarten zwischen beiden Maschinen möglich, wobei wieder je nach Wunsch eine oder beide Maschinen Eintragungen ausführen. Bei den vollkommenen Ausführungen des Additionslochers kann wahlweise jede der beiden Maschinen für sich allein bedient werden, wobei die andere mitarbeitet. Es kann also ebenso vom Locher die Addiermaschine wie von der Addiermaschine der Locher angetrieben werden. In Abb. 15 ist z. B. eine Kopplung zwischen einer Vierarten-Rechenmaschine (addierend, subtrahierend, multiplizierend, dividierend), und zwar der Rheinmetall-Eichenauer-Maschine mit einem Hollerith-Kartenlocher dargestellt.

RZ1932Z15

Abb. 15
Rheinmetall-Eichenauer-Maschine und Hollerith-Kartenlocher elektrisch gekoppelt.

Die Maschinenstatistik

Für die Auswertung der Lochkarten zur Anfertigung statistischer Auszüge und Buchungen bedienen sich die Hollerith-Statistikmaschinen des elektrischen, die Powersmaschinen des mechanischen Abtastens der Karten. Voraussetzung für das einwandfreie Arbeiten der Statistikmaschinen ist der tadellose Zustand der Karten. Die statistische Arbeit zerfällt wie bei der Handkartei in drei verschiedene Tätigkeiten: das Sortieren, Addieren und das Tabellieren.

Die erste Tätigkeit erledigen die Sortiermaschinen, die dritte die Tabelliermaschinen. In die zweite Tätigkeit teilen sich die Sortier- und Tabelliermaschinen.

Die Lochkarten-Sortiermaschine

Mit diesen Maschinen können die Lochkarten in jeder beliebigen Gruppenanordnung in der richtigen Zahlenfolge sortiert werden, je nachdem aus statistischen Gründen die eine oder die andere Gruppe bevorzugt werden muß. Es soll z. B. die Zahl der Ledigen, Verheirateten usw. einer Personenkartei festgestellt werden. Liegen die Karten z. B. nach Staatsangehörigkeiten oder nach Berufen geordnet, so sind sie zunächst umzusortieren. Es sei in der Lochkarte eine Spalte für den Familienstand vorgesehen, und zwar Ziffer 1 für Ledige, Ziffer 2 für Verheiratete, Ziffer 3 für Geschiedene, Ziffer 4 für Verwitwete. Wir stellen dann in der Sortiermaschine bei Hollerith eine elektrische, bei Powers eine mechanische Kartenabtastvorrichtung auf die Spalte für den Familienstand ein. Die gesamten Karten legen wir nun nacheinander in Lagen von etwa 500 Karten auf den Vorstapel der Sortiermaschine. Ihr Greifer entnimmt darauf eine Karte nach der andern. Die Lochkarten wandern mit der breiten Oberkante voran und werden in die ihren Lochungen entsprechenden Sortierfächer geführt. An Zählwerken der einzelnen Fächer läßt sich bei einem einmaligen Durchgang aller Lochkarten die Zahl der Ledigen usw. ablesen. Ein weiteres Zählwerk gibt die Gesamtzahl der Karten an.

Für verwickeltere Fälle des Sortierens, um z. B. die Zahl gleicher Berufe aus der in die Hunderte gehenden Zahl der Berufe einer Kartei zu ermitteln, bedarf es nur einer mehrmaligen Wiederholung nach bestimmten Gesichtspunkten.

So erfordert eine dreispaltige Gruppe dreimaligen und allgemein eine n-malige Gruppe einen n-maligen Durchgang.

Die Sortiermaschinen haben elektromotorischen Antrieb. Ihre Lochfühler wirken mit den Kartenführungen zu den einzelnen Kartenfächern folgendermaßen zusammen. Je nachdem der Lochfühler früher oder später in das Kartenloch einfällt, leiten die mit ihm mechanisch oder elektrisch verbundenen Getriebeteile die abgetastete Karte in eine der aneinanderliegenden Kartenführungen. Förderbänder bringen die Karte in ihr entsprechendes Fach. Wie bereits erwähnt wurde, können die Kartenlöcher auch Buchstaben bedeuten. Schaltet man dann an den Lochtasten ein Buchstabenwerk an, das z. B. 10- oder 20-stellig sein kann (Raum von zwei Addierwerken), so legt die Sortiermaschine die Karten in ABC-Ordnung selbsttätig aufeinander. Durch die Sortiermaschine können stündlich 18 000 bis 24 000 Karten geleitet werden. Dabei werden 18 000 bis 24 000 Karten in bis zu 10 Gruppen und 9000 bis 12 000 Karten in bis zu 100 Gruppen usw. geordnet. Die einzelnen Fächer können etwa 800 Karten aufnehmen.

Die Hollerith-Sortiermaschine, Abb. 16

Die zu sortierenden Karten werden auf den Vorstapel a gelegt, aus ihm mit einem schwingenden Greifermesser nacheinander entnommen, an einer Abfühlbürste vorbeigeführt und in die den elektrisch abgefühlten Lochungen entsprechenden Fächer b abgelegt. Die Anzahl der in jedes Fach eingelegten Karten und die Gesamtsumme der durchgegangenen Karten kann an Zählwerken c abgelesen werden.

Abb. 16
Die Hollerith-Sortiermaschine.
a Vorstapel *b* Sortierfächer *c* Zählwerke *d* Antriebmotor

Abb. 17
Die Powers-Sortiermaschine.
a Vorstapel *b* Sortierfächer *c* Zählwerke *d* Antriebmotor

Die Powers-Sortiermaschine, Abb. 17

Die Powers-Sortiermaschine ist ähnlich eingerichtet wie die Hollerith-Sortiermaschine. Die Karten werden nicht mit Förderbändern, sondern mit Förderrollen weitergeleitet. Ferner werden die Karten im Gegensatz zur elektrisch wirkenden Hollerith bei Powers mechanisch abgetastet. Eine solche mechanische Abtastvorrichtung wird weiter unten eingehend beschrieben.

Die Tabelliermaschinen

Die von den Sortiermaschinen geordneten Karten werden von der Tabelliermaschine noch viel weitergehend innerhalb der einzelnen Gruppen nach ihrem Betrag und Mengenwert von den Tastern abgefühlt, diese Zahlenwerte werden addiert und in Tabellen abgedruckt. Je nach der statistischen Aufgabe können die Tabelliermaschinen die verschiedensten Arbeiten ausführen. Sie können den Inhalt jeder einzelnen Karte in Zahlen ganz oder teilweise in eine Zeile einer Tabelle und die aufeinanderfolgenden Lochkarten zeilenweise nacheinander in der durch die Sortiermaschine erhaltenen Ordnung in die Tabelle eintragen und die Gruppenzahlen zusammenzählen. Die Tabelliermaschine druckt dann die Gruppensummen je nach Wunsch neben oder unter die zugehörige Gruppe. Die Tabelliermaschine läßt sich ferner so einstellen, daß nur die Gruppensummen in die Tabellen eingedruckt werden, z. B. die Beschäftigungsgruppe 1 mit der Personenzahl 315, Beschäftigungsgruppe 2 mit Personenzahl 102 usw. Ebenso können die Gesamtsummen eingetragen werden. Die Maschinen verfügen über selbständige Gruppentrennvorrichtungen, so daß beim Übergang von einer Nummer zur andern, z. B. beim Wechseln der Kontonummer, die Arbeit unterbrochen, die Summe niedergeschrieben, dann ein Gruppenzwischenraum gebildet und völlig selbsttätig zur nächsten Gruppe übergegangen wird.

Bei den Tabelliermaschinen tasten wieder elektrische (Hollerith) oder mechanische (Powers) Lochfühler die Löcher der aus einem Vorstapel mit Greifern einzeln herausgeholten Karten nacheinander ab. Während aber in der Sortiermaschine nur eine Spalte abgetastet wurde, werden in der Tabelliermaschine alle Spalten, die in die Tabelle einzutragen sind, gleichzeitig abgetastet. Die eine Gruppe abfühlenden Taster sind an Zählwerke angeschlossen. So viele Gruppen also tabelliert werden, so viele Zählwerke müssen angeschlossen sein. Bei jeder Gruppe muß der Taster der Einerspalte mit der Einerzählscheibe, der Taster der Zehnerspalte mit der Zehnerzählscheibe usw. gekoppelt sein, wobei die Zehnerschaltung des Zählwerks so eingerichtet sein muß, daß auch bei gleichzeitigem Kontakt in der Einer- und Zehnerstelle die Summierung richtig erfolgt. Die Addierwerke einer nur rechnenden und nicht schreibenden Tabelliermaschine addieren stündlich 10 000 achtstellige Zahlen. Da sich bis fünf Addierwerke anbringen lassen, kann eine Tabelliermaschine 50 000 Zahlen in 1 h zusammenzählen. Mit Einzelschreibung und Schlußsummenbildung können stündlich 4500 Karten durch die Maschine wandern und, wenn nur Schlußsummen gebildet werden, die doppelte Anzahl von Karten. An Stelle der Papierrollen zur Aufnahme der Tabellen können in den Tabelliermaschinen Wachsschablonen oder Rotaprint-Metallblätter eingespannt werden, mit denen man dann vervielfältigen kann[2]).

[2]) Vergl. Berger, Die mechanischen Vervielfältigungsbureaumaschinen, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 18 S. 596

Abb. 18
Der Hollerith-Tabellendrucker.
a Vorstapel *b* Nachstapel *c* Zählwerke *d* Liste

Die Hollerith-Tabelliermaschine, Abb. 18[3])

Die Lochkarten werden in den Vorstapel *a* eingelegt, einzeln aus ihm entnommen, elektrisch abgefühlt und in den Nachstapel *b* abgelegt. Die gebildeten Einzel-, Gruppen- und Gesamtsummen können an Zählwerken *c* abgelesen und in die Liste *d*, wie schon erwähnt, in der von der Sortiermaschine eingestellten Kartengruppenfolge eingetragen werden. Die in dem Kasten vorn in der Mitte untergebrachte Schalttafel bietet die mannigfachsten Schaltungsmöglichkeiten.

[3]) Vergl. Maul, Die elektrischen Lochkartenmaschinen, ETZ Bd. 48 (1927) S. 1789.

Abb. 19. Powers-Tabellendrucker.
a Nachstapel *b* Tabelle *c* Schreib- und Zählwerke

Abb. 20
Schnitt durch Powers-Tabellendrucker.

a eingeführte Karte
b Abfühlstifte für die Karte
c Leitkammerstäbe
d Haltestifte für die Schreibsegmente
e Vorstapel
f Greifer
g Förderwalzen
h Abtastrahmen
i Anschlag, am Typensegment *k*
l Typenstempel
m Sperrhaken
n Hammer
o Achse der Tabellierwalze
p gehobener Haltestift

Powers-Tabellendrucker, Abb. 19 bis 21

Die zu tabellierenden Karten werden aus dem Vorstapel *e*, Abb. 20, mit dem Greifer *f* entnommen und den Förderwalzen *g* zugeführt, die die Karte in die Abtastvorrichtung bis zu einem Anschlag leiten. Hierauf werden die unter der Karte im Rahmen *h* befindlichen Abfühlstifte *b* gegen die Karte *a* gehoben, s. a. Abb. 21. Wo ein Loch ist, treten die Abfühlstifte durch die Karte hindurch und heben die darüber befindlichen Leitkammerstäbe *c*. Ihren oberen Enden stehen Haltestifte *d* gegenüber. Der Schnitt in Abb. 20 zeigt die Haltestifte einer Lochkartenspalte. Der durch das Loch der Lochkarte hindurchgehobene Haltestift *p* begrenzt den Anschlag *i* des Segmentes *k*, sobald dieses ausgelöst wird. An diesem Segment befinden sich federnd gelagert den Lochungen entsprechend die Typenstempel *l*, an denen, radial nach innen liegend, sich die Typen befinden. Der von dem Sperrhaken *m* gehaltene Hammer *n* schlägt beim Ausschwingen des Hakens in der Druckstellung des Segmentes *k*, ähnlich wie bei vielen Rechenmaschinen, auf die dem gehobenen

Haltestift *p* entsprechenden Typenstempel, und die Type druckt auf das Tabellierpapier ab, das über eine auf der Achse *o* gelagerte Walze geführt ist.

Schlußwort

Wir sehen wieder ein Gebiet menschlicher Tätigkeit von der Maschine erobert und dem Menschen eine eintönige, geistlose Arbeit abgenommen. Die Maschinen ermöglichen hier, die mit ungeheurem Menschen- und Zeitaufwand statistisch erfaßbaren Arbeiten einwandfrei in kürzester Zeit auszuführen. Sie sind für den Leiter neuzeitlicher Großunternehmungen das einzige Mittel, jederzeit eine unparteiische, einwandfreie Aufstellung über alle statistisch erfaßbaren Vorgänge seines Unternehmens zu erhalten und dieses zu überblicken. Aber auch der wissenschaftlichen Forschung erschließen diese Maschinen neue Möglichkeiten. So hat Pollak nach der Besselschen Formel mit seinen Rechentafeln zur harmonischen Analyse, die mittels der Lochkartenmaschinen tabellierten Beobachtungsergebnisse noch weiter wissenschaftlich durchforscht. Er hat in einer Stunde 24 000 Karten in 10 bis 13 Gruppen und 12 000 Karten in bis zu 100 Gruppen sortieren, zählen und addieren können. Es war ihm möglich, die Verteilungstafeln einer zehnjährigen Aufnahme aller einzelnen Wetterbeobachtungen mit sämtlichen Mittelwerten und Proben in weniger als zwei Stunden anzufertigen. Wir wollen mit den Worten des Generaldirektors der Deutschen Reichsbahngesellschaft, Dr. Dorpmüller, anläßlich eines Vortrags in der Handelshochschule zu Berlin schließen:

„Welche außerordentliche Bedeutung gerade diese modernen Maschinen für die Statistik haben, ist daraus ersichtlich, daß eine einzige Hollerith-Tabellenmaschine mit fünf Zählwerken imstande ist, in einer Stunde 50 000 Additionen von achtstelligen Zahlen vorzunehmen. Welch ungeheures Heer von Beamten müßten daran gesetzt werden, wenn man solche Ergebnisse ohne Maschinen pünktlich erhalten wollte! Darüber gingen Monate, vielleicht Jahre hin. Daher können wir diese modernen Erfindungen für die Rationalisierung in der Verwaltung nicht hoch genug anerkennen.“ [B 1932]

d d c a b RZ1932Z21

Abb. 21
Leitkammer des Powers-Tabellendruckers, von oben gesehen.
a eingeführte Karte *b* Abfühlstifte für die Karte
c Leitkammerstäbe *d* Haltestifte für die Schreibsegmente

Lehrenbohrmaschinen

Während man noch vor wenigen Jahren Stahlbüchsen, die auf die Bohrlehre verschiebbar mittels Schrauben in vorgebohrten Gewindelöchern aufgeklemmt waren, mit Feinmeßgeräten erst genau einstellte, danach jedes einzelne Loch auf einer Drehbank oder Bohrmaschine sorgfältig zentrieren mußte und dann erst fertig bohrte, können nunmehr bei den Lehrenbohrmaschinen sämtliche Arbeitsvorgänge in einer Aufspannung, auf einer Maschine und mit größerer Genauigkeit in kürzerer Zeit erledigt werden. Die kleinsten Ausführungen dieser Maschine werden in der Uhrenindustrie verwendet, wobei für den Abstand der fertiggebohrten Löcher eine Genauigkeit von 0,005 mm gewährleistet wird.

a Ablesetrommel für die Tischeinstellung
b Handrad für die Tischverstellung
c Einrückhebel für die selbsttätige Tischverstellung
d Klemmhebel für die Tischspindel-Gegenmutter
e Einrückhebel der Hauptkupplung
f Aufspanntisch
g Neunstufiger Räderkasten
h Elektromotor- oder Riemenantrieb
i Handrad für die Höhenverstellung des Querbalkens
k Gegengewicht für die wagerechte Bohrspindel
l Höhenverstellung der wagerechten Bohrspindel
m Schalthebel für drei Vorschübe
n Schmierpumpe für das Spindelgetriebe
o Handvorschub der Spindel
p Einrückhebel für selbsttätigen Vorschub
q Ablesetrommel für die wagerechte Bohrspindel
r Gegenlager für die Bohrstange

3110 1300 3040 895 900 760 805 710 260 2600 RZ2215Z1u2

Abb. 1 und **2.** Dreispindlige Lehrenbohrmaschine der Société Genevoise d' instruments de physique, Genf, Gesamtansicht.

s Klemmhebel des Spindelschlittens
t Schutzrohre für die Mikrometerschrauben
u Stellring für den Spindelvorschub
v Klemmhebel der Schlitten-Gegenmutter
w Ablesetrommel für die Bohrspindeleinstellung
x Klemmhebel des Spindelschlittens
y Ausrichtschraube
z Klemmhebel für den Arbeitstisch

Zu Abb. 4 bis 6

a Aufspanntisch
b Stahlschiene mit Fehlerausgleichkurve
c Fingerhebel
d Klemmbolzen
e Verstellspindel
f, *g* Übertragungshebel für die Noniusverstellung
h Spannfeder für die Noniusverstellung
i Verstellbarer Nonius für den Fehlerausgleich

Abb. 4 und **5**
Klemmbolzen für den Tisch und Fehlerausgleich mittels Noniusverstellung für die Tischspindel.

Abb. 3
Eine der drei Ausrichtschrauben.

Abb. 6. Spindellagerung und Tischverstellung.

k Klemmutter für die Ablesetrommel *l* Ablesetrommel *m* Klemmhebel für die Tischspindel
n Mutter zum Anziehen von *o* *o* Gegenmutter zum Festklemmen der Spindel

Da diese Maschinen nach der Fertigstellung wegen der hohen Genauigkeit auch für die Versendung nicht mehr zerlegt werden dürfen, ist die größtmögliche Ausführung durch das Eisenbahnprofil festgelegt. Mit Maschinen die gerade noch unzerlegt auf der Eisenbahn befördert werden können, stellt man große Kastenbohrlehren her, wobei eine Genauigkeit von 0,01 bis 0,02 mm für den Abstand der Löcher gewährleistet wird. Da die Temperatur maßgebenden Einfluß hat, gelten die Nennmaße meistens für eine Bezugstemperatur von 20°. Trotz der geringen Span-

Abb. 7

Schnitt A–B

a Einzugstange
b Bohrspindel
c Einschalthebel für Bohrantrieb
d Vorschubhülse
e Passung
f Richtungswechsel für selbsttätigen Vorschub
g Einschalthebel für selbsttätigen Vorschub

Abb. 8 und **9**

Schnitt C–D

h Zahnradvorgelege für Spindelantrieb
i Nutenwelle für Spindelantrieb
k verschiebbare Nebenwelle
l Vorschubgetriebe
m Vorschubschalthebel

Abb. 7 bis **9**
Antrieb und Lagerung der senkrechten Bohrspindel.

leistung baut man die Lehrenbohrmaschinen äußerst kräftig, so daß jede Verformung durch Arbeitsdrücke ausgeschlossen ist. Bei diesen Maschinen ist die Werkstoffvorbehandlung sehr wichtig, da besonders Gußeisen sich auch nach sorgfältigstem Ausglühen manchmal noch verzieht. Die Führungen und Verstellspindeln sind ebenfalls reichlich zu bemessen und aufs sorgfältigste herzustellen. Wegen der hohen Anforderungen an die Genauigkeit müssen trotz der sehr genau gearbeiteten Spindeln die Steigungsfehler ausgeglichen werden, was mittels der selbsttätigen Nullpunktverstellung erreicht wird. Während des Bohrens muß der Arbeiter den Tisch und die Bohrköpfe unbedingt festklemmen, damit kein Arbeitsdruck auf die Spindel kommt. Außer der Möglichkeit des genauen Einstellens ist die genaue Übereinstimmung von Ankörngerät, Visiermikroskop, Bohrerspitze und Achse des Fingerfräsers unbedingt erforderlich.

Die dreispindlige Bohrmaschine, Abb. 1 und 2, ist die größte dieser Art; ihre kleinste Ausführung mit einem Arbeitstisch von 80×80 mm² wird in der Uhrenherstellung benutzt. Die größeren Maschinen sind in drei Punkten, den drei Ausrichtschrauben, Abb. 3, gelagert. Der Tisch hat eine Aufspannfläche von 1300×710 mm² und einen Hub von 1000 mm. Die Genauigkeit der Tischebene beträgt 0,01 mm, diese wird nach dem Zusammenbau mit der senkrechten Spindel der Maschine selbst fertig bearbeitet, wobei eine Arbeitsspindel an Stelle der Verstellspindel eingelegt wird. Die Aufspannuten und die Seitenflächen liegen ebenfalls mit 0,01 mm Toleranz parallel zu den Tischführungen. Der Tisch und die Bohrschlitten haben je eine Flach- und eine V-förmige Führung, Abb. 4; beim Festklemmen werden sie an die Führungen angepreßt, so daß auch seitliche Kräfte aufgenommen werden können. Der höchste freie Durchgang unter der senkrechten Spindel beträgt 760 mm; die Seitenspindeln können bis auf 600 mm über Tischoberkante gehoben werden. Damit die ganze lichte Weite von 900 mm zwischen den Ständern zur Verfügung steht, können die Seitenschlitten ganz unter Tischhöhe versenkt werden; zur Entlastung der Verstellspindeln haben sie Gegengewichte.

Die Verstellspindeln bestehen aus vergütetem Sonderstahl und haben 5 mm Steigung; ihre nachstellbaren Lager, Abb. 6, sind gehärtet und geschliffen. Das zum Verstellen erforderliche Spiel in den Hauptmuttern wird beim Einstellen mittels je einer kurzen Gegenmutter, die sich relativ zur Hauptmutter verschiebt, beseitigt, so daß immer die gleiche Flanke anliegt und die Spindel festgeklemmt wird. Die Gewindesteigung der Verstellspindeln ist mit einer Genauigkeit von 0,01 bis 0,02 mm auf 1 m Länge geschnitten.

Trotzdem genügt diese Genauigkeit nicht, weshalb ein Fehlerausgleich vorgesehen ist. Am Tisch, am mittleren Schlitten und an den Ständern für die Seitenschlitten ist je eine Stahlschiene befestigt, Abb. 4, deren Kante nach der Fehlerkurve der Spindel ausgearbeitet wurde. Fingerhebel, die am Tischbett, am Querbalken und an den seitlichen Bohrschlitten drehbar gelagert sind, tasten beim Verschieben diese Fehlerkurve ab und verdrehen die Nonien, so daß sich der zu den Ablesetrommeln gehörende Nullpunkt verschiebt, Abb. 5. Die Teilung an den Nonien entspricht 0,001 mm, die an den Ablesetrommeln 0,01 mm Vorschub an der Spindel. Die Ablesetrommeln können in der Ausgangstellung in den Nullstand gebracht werden. Ferner sind am Tischbett, am Querbalken und Ständer Maßstäbe mit Millimeterteilung angebracht, am Tisch und Schlitten verstellbare Ablesezeiger. Bei Maschinen, die mehr als sechs Jahre täglich 24 h gearbeitet haben, hat sich keinerlei Abnutzung der Spindeln gezeigt, so daß man die Fehlerkurven nachträglich nicht mehr zu ändern brauchte.

Die drei Spindeln werden von einem neunstufigen Räderkasten für 40 bis 300 U/min an den Spindeln über Nutenwellen angetrieben. Abb. 7 bis 9 zeigen den Bohrschlitten. Die Drehung der Nutenwelle wird über eine Nebenwelle und ein Rädervorgelege auf die Spindeln übertragen, diese haben einen Hub von 300 mm. Der selbsttätige Vorschub wird an jedem Schlitten getrennt eingeschaltet, mittels eines Schaltgetriebes kann der Vorschub in beiden Richtungen auf 0,1 mm, 0,18 mm und 0,3 mm für eine Spindelumdrehung eingestellt werden. Der kleinste Vorschub ist für das Vorbohren, die beiden andern für das Ausfräsen oder Ausdrehen bestimmt. Ein Kugellager nimmt den Bohrdruck der Spindel auf, die für den gesamten Rundlauf mit einem Kegellager versehen ist; der Zwischenring *e* wird genau eingepaßt. Die seitlichen Schlitten sind außerdem für das Arbeiten mit einer Bohrstange eingerichtet; dafür ist der linke Schlitten mit einem Gegenlager *r*, Abb. 2, für eine im rechten Schlitten eingespannte Bohrstange versehen.

Zum Einspannen der Visier- und Ankörnvorrichtungen sowie der Werkzeuge sind die Spindeln mit Morsekegeln Nr. 4 und Einzugstangen versehen. Der größte Lochdurchmesser beträgt für Spiralbohrer und Weichstahl 30 mm, für Gußeisen 45 mm; mit dem verstellbaren Bohrstahl können Bohrungen von 12 bis 150 mm hergestellt werden. Die Löcher werden auf einen 0,5 mm kleineren Durchmesser vorgebohrt und mittels eines sorgfältig hergestellten Fingerfräsers fertiggefräst.

Abb. 10
Lehrenbohrmaschine Nr. 2, Tischgröße 200×200 mm²,
von Henri Hauser A.-G., Biel (Schweiz).

a Fehlerausgleich für die Tischspindel
b Tischklemmvorrichtung
c Aufspanntisch
d Kreisteil-Rundtisch
e Nonius für die Rundtischverstellung
f Bohrspindel
g Hebel für den Bohrervorschub
h Feineinstellung für den Bohrervorschub
i Antriebzahnräder für die Bohrspindel
k Einstellmaßstab
l Feineinstellung der Bohrschlittenspindel
m Nonius und Ablesetrommel des Bohrschlittens
n Fehlerausgleich für die Bohrschlittenspindel
o Feineinstellung des Tischvorschubes
p Einstellmaßstab für den Tischschlitten
q Ablesetrommel für die Tischspindel
r Klemmschraube für die Ablesetrommel *q*

Den Aufbau der kleineren Lehrbohrmaschinen zeigt Abb. 10. Diese Maschine kann man nur nach Koordinaten in e i n e r Ebene einstellen; für Polarkoordinaten wird ein Kreisteiltisch aufgespannt. Der Bohrschlitten ist an einem einarmigen Ständer befestigt. Die Schlitten werden ebenfalls mittels Mikrometerschraubenspindel mit 2 mm Steigung und Fehlerausgleich am Nonius verstellt. Bei dieser Maschine kann man außer den an den Spindeln angebrachten Fiberhandrädern eine einschaltbare Feineinstellung zum Verstellen der Schlitten benutzen. Das Spiel zwischen Spindel, Mutter und Lager wird durch gewichtbelastete Zugbänder aufgehoben, die man in den Schlittenendstellungen zur Entlastung der Spindel beim Nichtgebrauch abschalten kann. Zur Aufnahme der Mikroskope, der Ankörn- und der Bohrvorrichtungen dient die genau geschliffene, senkrecht verstellbare Hülse des Bohrschlittens. Die Bohrvorrichtung wird über ein Stirnradvorgelege mit zwei Übersetzungen und einer biegsamen Welle angetrieben. Die Höchstdrehzahl beträgt 2000 U/min. Die Spindel hat 50 mm Hub. Löcher über 7 mm Dmr. müssen mit dem verstellbaren Bohrstahl oder mit einem besonderen Schaftfräser ausgedreht werden; dabei beträgt der größte Lochdurchmesser 15 mm. Die beiden Spindeln haben je einen Arbeitsbereich von 200 mm. Die Mikroskope vergrößern 20fach; beim Winkelmeß-Mikroskop kann man am Nonius zwei Bogenminuten noch ablesen. [M 2215]

Berlin Dipl.-Ing. E. L u c h s i n g e r.

Akustischer Ferndehnungsmesser

Der Dehnungsmesser nach Dr. Schaefer bedient sich zur Messung von Spannungsänderungen der Tonänderung einer an der Meßstelle eingespannten Stahlsaite. Von einer Warte aus, Abb. 1, können mittels Linienwähler beliebig viele Meßstellen beobachtet werden. Die Saite an der Meßstelle, Abb. 2, wird von der Warte aus mittels Druckknopfes *b*, Abb. 3, elektromagnetisch in Schwingung versetzt. Am Meßgerät befindet sich eine zweite Saite, die Vergleichsaite *c*, die mittels Druckknopfes *d* betätigt wird.

Die Spannungsveränderungen werden auf Grund des Gesetzes ermittelt: die Frequenz (Tonhöhe) einer gespannten Saite ist von der Länge und Vorspannung in zweiter Potenz abhängig. Verbindet man also die Saitenenden fest mit dem zu untersuchenden Gegenstand, s. Abb. 2, so muß sich der Ton der Saite ändern, wenn die geringste Verformung eintritt. Der Dr. Schaefersche Dehnungsmesser gibt die Tonänderung in Tongraden als Längenänderung in Millimeter unmittelbar auf der Einstellscheibe *g* an. Die Beobachtung erstreckt sich also auf Tonvergleiche, die im Kopfhörer oder Lautsprecher gehört werden. Die Einstellscheibe *g* wird so lange gedreht, bis Tongleichheit zwischen Meß- und Vergleichsaite besteht. Angenommen, die Meßsaite Nr. 20 habe vor der Belastung des zu prüfenden Gegenstandes eine Tonhöhe von 35 Tongraden und nach der Belastung von 45 Tongraden, so müssen an der Vergleichsaite 45 Tongrade eingestellt werden, um Tongleichheit zu erreichen. Der Unterschied von 10 Tongraden ist der Ausdruck der stattgefundenen Ton- bzw. der Belastungsänderung. Durch Eichung der Meßsaite ist deren Saitenkennlinie ermittelt, die eine Gerade ergibt, Abb. 4, die durch eine Kennzahl ausgedrückt werden kann. Beträgt z. B. die Kennzahl für Meßstelle Nr. 20 rd. 23 kg/cm², so würde bei 10 Grad Tonänderung $10 \times 23 = 230$ kg/cm² Spannungsänderung zu verzeichnen sein. Weil nach der Belastung der Tongrad einen höheren Zahlenwert erreicht, hat auch die Meßsaite einen höheren Ton erhalten, d. h. die Saitenspannung ist erhöht oder die Saite wurde verlängert. Somit bedeutet die Tonerhöhung eine Zugspannung, der Tonabfall eine Druckspannung.

Für das neue Gerät ist die schleifenlose Kennlinie bemerkenswert, hervorgerufen durch das reibungslose Arbeiten der Meßstellen. Weil keinerlei mechanische Vergrößerungen am Gerät vorkommen, entfallen alle Mängel, welche bislang bei Dehnungsmessern mit Hebel- und Zeigergetriebe bekanntgeworden sind.

Das Meßgerät ist bereits in vielen Fällen mit gutem Erfolg angewendet worden. Eine Flußbrücke wurde nach dem Zusammenbau mit 20 Meßstellen versehen, Abb. 5, bevor die Eigenlast wirksam wurde. Nach dem Einfahren und Aufsetzen des Brückenbogens wurde der Einfluß der Eigenlast gemessen. Diese wirksame Kontrolle des Kräfteplanes von Grund auf gestattet fernerhin eine dauernde Prüfung des Bauwerkes. Die Meßstellen sind mittels Kappen gegen Witterungseinflüsse gesichert.

Auch Spannungszustände an Steinbauten lassen sich mit diesem Gerät ermitteln. So war z. B. bei Steinbauten eine Verstärkung erforderlich. Durch Messungen an verstärkten und unverstärkten Bauteilen konnte durch Einwirkung der gleichen Belastung der Wirkungsgrad der Verstärkung zahlenmäßig erfaßt werden. Selbst an umlaufenden Maschinenteilen konnte man die die Formänderung hervorrufenden Kräfte ermitteln.

Um den verschiedenen Elastizitätswerten der Baustoffe gerecht zu werden, erhalten die Meßsaiten verschiedene Meßlängen, und zwar zwischen 150 und 90 mm. Die Tonkurven können mittels Oszillographen aufgezeichnet werden. In den meisten Fällen kann das Meßergebnis innerhalb 2 s unmittelbar am Gerät abgelesen werden. [M 2175]

Abb. 1. Innenansicht des Ferndehnungsmessers nach Dr. Schaefer.

Abb. 2. Meßsaite, an der Meßstelle befestigt.

Abb. 5. Meßstellen an der Eisenkonstruktion einer Flußbrücke. *a* Meßstellen

Abb. 3. Schaltung des akustischen Ferndehnungsmessers nach Dr. Schaefer.

a Meßsaite
b Druckknopf f. d. Meßstelle
c Vergleichsaite
d Druckknopf f. d. Vergleichsaite
e Telefon
f Batterie
g Einstellscheibe

Abb. 4. Kennlinie der Meßsaite.

Vorrichtungen für feinmechanische Mengenfertigung

Von Prof. F. Karpinski, Eßlingen a. N.

Allgemeine Gesichtspunkte beim Entwurf von Vorrichtungen für die feinmechanische Mengenfertigung. — Der heutige Stand des Vorrichtungsbaues für Dreh-, Bohr- und Fräsarbeiten. — Notwendigkeit, Richtlinien für Vorrichtungsteile zu schaffen.

Dem Entwurf von Vorrichtungen für die feinmechanische Mengenfertigung muß eine gründliche und sachverständige Planung der Fertigung vorausgehen, in der die Fertigungspläne für die Einzel- und Gruppenteile sorgfältig ausgearbeitet werden. Die Aufstellung der Fertigungspläne stellt an die Fertigungsingenieure sehr hohe Anforderungen, die nur durch gründliches Studium der Werkzeugmaschinen, der Fertigungsverfahren, Werkzeuge und Vorrichtungen und durch umfassende praktische Erfahrung erfüllt werden können. Der Herstellungsplan gibt dem Werkzeug- und Vorrichtungsentwurf die Grundlagen für die zweckentsprechende, wirtschaftliche Ausführung der Vorrichtungen. Die Anordnung der Auflageflächen, Paßflächen, Richtflächen und Spannflächen muß vollständig klargestellt sein, ehe man an den Entwurf einer Vorrichtung geht. Es ist oft zweckmäßig, in Skizzen dem Vorrichtungskonstrukteur diese Flächen zu kennzeichnen.

In der feinmechanischen Mengenfertigung bilden die Vorrichtungsbureaus ein besonders wertvolles Glied, da sich in ihnen mit der Zeit eine große Menge Fertigungserfahrungen sammelt. Das Verfahren, von den Werkzeugmachern Vorrichtungen nach kurzen Angaben ohne Entwurfzeichnungen anfertigen zu lassen, haben wohl die meisten Werke verlassen, da es große Zeitverluste durch Probieren bringt und nicht die Möglichkeit bietet, die Stückzeit richtig vorauszuberechnen.

Wirtschaftlichkeit der Vorrichtungen

Für die Gestaltung der Vorrichtung ist einzig die Wirtschaftlichkeit maßgebend, wobei natürlich die Gesetze des richtigen Spannens, also Selbsthemmung, leichte Lösbarkeit usw. beachtet sein müssen. Die Wirtschaftlichkeit wird durch den Preis der Vorrichtung, die zu erzeugenden Stückzahlen und die Stückzeiten bestimmt. Der Grundsatz, daß eine Vorrichtung innerhalb eines Jahres abgezahlt sein muß, ist auch bei Vorrichtungen für die feinmechanische Mengenfertigung durchaus am Platze, weil sich die Erzeugnisse heute oft innerhalb ganz kurzer Zeit grundlegend ändern und es daher selten möglich ist, die Vorrichtungen länger zu benutzen. Auf kurze und handgerechte Griffe ist bei den Vorrichtungen sehr großer Wert zu legen, weil oft die Hauptzeiten nur Bruchteile der Nebenzeiten betragen, wie z. B. beim Zerspanen von Leichtmetallen usw.

Im folgenden soll der heutige Stand des Vorrichtungsbaues für einige Zweige der spangebenden feinmechanischen Mengenfertigung erläutert werden.

Vorrichtungen zum Drehen

Zum Aufspannen von Drehteilen wird an Drehbänken zumeist eine Hebelspannung nach Abb. 1 und 2 oder 3 und 4 benutzt, die es gestattet, runde kleine Werkstücke bei laufender Spindel ein- und auszuspannen. Durch Bewegen des Handhebels nach links drückt die Spannmuffe mit ihrem Kegel die Knaggen auseinander. Diese haben ihr Lager in der Stellmutter und drücken mit ihrem kurzen Arm auf das Druckrohr, das die Spannzange nach vorn in den Kegel des Zangenkopfes drückt. Die Stellmutter gestattet eine Veränderung des Weges der Spannzange in geringen Grenzen. Zum Lösen dient die Federkraft der Spannzange; der Kegel und die Spannzange müssen daher so bemessen sein, daß die Spannzange selbsttätig aufgeht. Die Druckspannvorrichtung, Abb. 1 und 2, wirkt wie das Spannen an selbsttätigen Drehbänken (Automaten) auf Druck und hat den Vorteil, daß die Spindel nicht auf Knickung, sondern auf Zug beansprucht wird; infolgedessen läuft sie genauer rund. Diese Spannvorrichtung wird jedoch weniger verwendet, weil die Spindeln der Drehbänke zu dünn sind für eine genügend große Bohrung und ein genügend dickes Druckrohr; man gebraucht sie meist für Stangenbearbeitung.

Die Zugspannung nach Abb. 3 und 4 ermöglicht die Verwendung größerer Spannzangen, Abb. 5 und 6. Gespannt wird die Vorrichtung, Abb. 3 und 4, ebenfalls durch Bewegen des Handhebels nach links mittels Spannmuffe, Knaggen, Stellmutter und Zugstange. Eine Feder kann das Lösen der Spannung unterstützen. Diese Spannung läßt sich auch nachträglich an allen Drehbänken in einfacher Weise durch eine Spindelverlängerung und einen Halter für den Handhebel anbringen. Die Spannteile, Zangenköpfe und Zangen, sind meist in verschiedenen Abstufungen genormt und auswechselbar. An Dauerhaftigkeit, Preis und genauem Rundlauf sind sie allen Backenspannfuttern wesentlich überlegen. Ganz genaue Spannzangen erhält man, wenn man die Aufnahmestellen der Zangen erst nach vollständigem Zusammenbau in der Drehbank fertig schleift. Beim Aus-

vor dem Schlitzen fertigschleifen
auf der Maschine fertigschleifen
RZ 2004 Z 5 u. 6

Abb. 5 und 6
Spannzangen für Spannvorrichtungen mit Zugstange nach Abb. 3 und 4.
a Zangenkopf *b* Spannzange *c* Werkstück
d Zugstange *e* Auflagestifte

RZ 2004 Z 1 u. 2

Abb. 1 und 2
Druckspannvorrichtung.
a Knagge
b Spannmuffe
c Spindel
d Zangenkopf
e Spannzange
f Stellmutter

RZ 2004 Z 3 u. 4

Abb. 3 und 4
Zugspannvorrichtung.
g Halter
h hinteres Lager des Drehbank-Spindelstockes
i Handhebel zum Spannen oder Entspannen
k Druckrohr (Abb. 1)
l Zugstange, *m* Feder (Abb. 3)

Abb. 1 bis 4. Vorrichtungen zum Aufspannen von Drehteilen.

Abb. 7
Spanndorne für kurze Werkstücke.

Abb. 8
Spanndorne für längere Werkstücke.

Abb. 7 und 8. Spanndorne.
a Zugstange *b* Spindel der Drehbank *c* Spanndorn *d* Werkstück

tauschen der Zangenköpfe aus verschiedenen Maschinen stößt man auf Schwierigkeiten, weil die Spindelköpfe der Drehbänke nicht genormt und nicht genau genug sind.

Für die verschiedenen Spannmöglichkeiten hat man verschiedenartige Spannzangen entwickelt. Abb. 7 zeigt einen Spanndorn gleichfalls mit Hebelspannung, Abb. 8 ist eine Spannvorrichtung für lange rohrartige Werkstücke, die an zwei Stellen mit einer Doppelzange zentrisch gespannt werden. Kommt es auf gleichmäßige Lage des Werkstückes an, so werden Auflagestifte wie nach Abb. 5 und 6 vorgesehen.

Formteile lassen sich durch Spannzangen mit Formbacken ebenfalls gut spannen, sofern sie keine größeren Toleranzen als — 0,5 mm aufweisen. Bei größeren Toleranzen kann man sich durch Verstellen der Einstellmutter an den Knaggen oder durch Anfertigung von neuen Knaggen mit längeren Hebelarmen oft helfen.

Die Verwendung von Doppel-Werkzeugschlitten und Vielstahlhaltern empfiehlt sich nur für Schrupparbeiten oder zum Fertigdrehen kleinerer Mengen, weil das Einrichten der Stähle doch immerhin erhebliche Zeit in Anspruch nimmt. Für große Mengen empfiehlt sich die Verwendung von Formscheibenstählen. Abb. 9, bei denen die Einrichtezeiten verschwindend klein sind. In besondern Fällen ergab sich eine Ersparnis von 51 vH gegenüber Vielstählen und eine wesentlich größere Genauigkeit der Werkstücke. Die Wärmeableitung dieser größeren Stähle ist besser, daher ist Leistungssteigerung möglich. Dabei ist natürlich auf die richtigen Formen der Formscheibenstähle zu achten, deren infolge des Anschleifens unterhalb des wagrechten Durchmessers verzerrte Abmessungen mittels eines besondren vom Verfasser konstruierten Rechenschiebers[1]) genau und schnell ermittelt werden.

Für Fertigdreharbeiten von Bronze-, Bakelit-, Gummi- und Leichtmetallteilen haben sich Werkzeuge aus Hartmetall[2]) und Diamant sehr gut bewährt, da sie an Schneidhaltigkeit und Dauerleistung den gewöhnlichen Schnelldrehstählen wesentlich überlegen sind.

[1]) Hergestellt von Georg Reicherter, Eßlingen a. N.
[2]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) Nr. 2 S. 49.

Für die Bearbeitung der Leichtmetalle stehen heute noch keine geeigneten Drehbänke zur Verfügung. Die bis jetzt erreichbaren Drehzahlen kleinerer Zugspindeldrehbänke gehen nicht über rd. 3000 U/min. hinaus. Ferner verursachen nicht ausgewuchtete Riemenscheiben und Spindeln Unrundheiten und Zittermarken. Die Forderung der Feinmechanik geht nach Leichtmetalldrehbänken von 6000 U/min und mehr mit spielfreien, ausgewuchteten Spindeln und auswechselbarer Hebelspannung mit genormten Spannzangen und Zangenköpfen. Druckluftspannung hat für die meist kleinen Teile der Feinmechanik keine wesentlichen Vorteile, da die Griffzeiten hierbei nicht kürzer sind als bei den Hebelspannungen und die Einrichtungen durch Stopfbüchsen und Ventile empfindlicher werden.

Vorrichtungen zum Bohren

Kastenartige Bohrvorrichtungen verwendet man meist nur noch in der Fertigung kleiner Reihen, weil die Neben-

Abb. 9
Formscheibenstahl.

Abb. 10. Geöffnet.

Abb. 11. Geschlossen.

Abb. 10 und 11
Schnellspannvorrichtung mit Klappe und Spiralkeil zum Bohren kleiner Elektromagnete.

zeiten — Spannen, Umkippen, Reinigen — zu groß und die Vorrichtungen zu schwer und unhandlich werden. Schnellspannungen mit Klappe und Spiralkeil, Abb. 10 und 11, verkürzen wohl die Nebenzeiten, verbessern aber nicht wesentlich die Handlichkeit.

Verschiebbare Bohrvorrichtungen, Abb. 12, vermeiden das Umkippen und gestatten eine Verkürzung der Griffzeiten, sind jedoch nur da anwendbar, wo nicht zu viel verschiedene Lochdurchmesser — bis zu vier — gebohrt werden sollen. Sie schonen die Bohrbuchsen und ermöglichen die Verwendung der billigeren Bohrbuchsen nach DIN 179, während bei beweglichen Bohrvorrichtungen Bundbuchsen notwendig sind, damit die Vorrichtungen nicht verbohrt werden.

Vielspindelbohrmaschinen mit Gelenkspindeln haben für Leichtmetalle den großen Nachteil zu niedriger Drehzahlen. Bei 2500 U/min rasseln ihre Spindeln stark und die Kugelgelenke verschleißen schnell. Höhere Drehzahlen sind meist nicht erreichbar. Kopfbohrmaschinen mit Kurbelspindeln laufen bei 2500 U/min meist heiß und zittern infolge der exzentrischen Kurbeln stark. Für hohe Leistungen werden daher meist Zahnradspindelköpfe mit Zahnrädern aus Chromnickelstahl, im Einsatz gehärtet, verwendet, die durch eine Übersetzung im Kopf hohe Geschwindigkeiten ergeben. Die Drehzahlen werden durch entsprechende Zahnradübersetzungen den Durchmessern der Bohrer entsprechend abgestuft. Abb. 13 zeigt einen Mehrspindel-Bohrkopf, der gleichzeitig die Werkstücke spannt, indem sich eine auf der Bohrspindel federnd angebrachte Bohrplatte mit Bohrbuchsen beim Abwärtsgang auf das Werkstück legt.

Abb. 14 bis 16 zeigen einen geöffneten Mehrspindel-Bohrkopf, bei dem die Drucklager für den Bohrdruck aus abgeschliffenen Kugeln mit Stellschrauben bestehen. Mit derartigen Spindelköpfen sind Drehzahlen bis zu 9000 U/min und Leistungssteigerungen bis zu 200 vH erzielt worden. Es sei bemerkt, daß man die gleichen Köpfe auch für das Mehrfachgewindeschneiden verwenden kann.

Wagerechtes Bohren bringt den Vorteil der besseren Späneabfuhr und der leichteren Einspannmöglichkeit und gestattet eine weitere Steigerung der Bohrleistung. Vereinigungen von Bohrköpfen und Bohrspindeln in verschiedenen Ebenen ermöglichen das Bohren von mehreren Seiten. Für die Fertigung ganz großer Mengen verwendet man Bohrautomaten, bei denen die Arbeit nur noch im Einlegen der Teile besteht. Der hydraulische Vorschub ermöglicht hierbei eine einfache Bauart des Vorschubgetriebes. Das Bohren von unten wird an tiefen Bohrungen vielfach angewendet.

Vorrichtungen zum Fräsen

Die Handfräsmaschine wird für kleine und kurze Schnitte hauptsächlich für Leichtmetalle und Messing oft verwendet. Die Drehzahlen der Spindeln sind auch bei diesen Maschinen vielfach noch nicht hoch genug. Die Spindeln laufen sich bereits bei rd. 3000 U/min meist heiß. Auch für die Handfräsmaschinen besteht die Forderung nach wesentlich höheren Drehzahlen.

Abb. 13
Mehrspindel-Bohrkopf mit Bohrplatte, die sich beim Niedergehen der Spindel auf die Werkstücke legt und diese durch Federdruck festspannt.

Abb. 14 bis 16 (rechts)
Mehrspindel-Bohrkopf, geöffnet. Die Drucklager der Bohrer bestehen aus oben abgeschliffenen Kugeln mit Stellschrauben.

Abb. 12
Seitlich in Führungen verschiebbare Bohrvorrichtung.

Bei größeren Fräsarbeiten wendet man vielfach Schwenktische, Abb. 17, an; sie haben jedoch im Vergleich zu Pendelfräsvorrichtungen, Abb. 18, wesentliche Nachteile. Die Anschaffungskosten der Schwenktische sind höher, und zum Umschwenken muß man den Schlitten weit zurückfahren, damit der Schwenktisch nicht gegen die Maschine stößt. Handgriffe zum Feststellen und Lösen des Drehtisches sind nötig. Beim Pendelfräsen sind die Beschaffungskosten der Vorrichtungen wesentlich niedriger, weil man nur zwei gleiche Vorrichtungen braucht, dafür aber zwei Fräsersätze. Die Fräsmaschine muß mit Rechts- und Linkslauf und Ausrückung des Tisches beim Vor- und Rücklauf ausgerüstet sein. Auf der Frässpindel sind ein rechts- und ein linkslaufender Fräser angebracht, deren Drehrichtung umgeschaltet werden muß. Das Pendelfräsen bringt in besondern Fällen eine Mehrleistung von 50 vH gegenüber dem Schwenktisch.

Dauernd umlaufende Rundtische auf Senkrechtfräsmaschinen oder Reihenspannvorrichtungen zum Spannen vieler Werkstücke hintereinander erweisen sich meist als unwirtschaftlich, weil die Herstellkosten dieser Vorrichtungen hoch und tote Zeiten unvermeidlich sind. Es ist meist nicht möglich, die Werkstücke ohne Zwischenräume aufzuspannen. Hierdurch entstehen Verlustzeiten, die man beim Pendelfräsen vermeiden oder wesentlich verringern kann.

Erleichterungen für den Vorrichtungsbau

Die Entwicklung des Vorrichtungsbaues für die feinmechanische und sonstige Mengenfertigung fordert in ähnlicher Weise wie für die Stanzereitechnik die Schaffung von Musterblättern für Vorrichtungsteile. Spanngriffe, Spannhebel, Klemmhebel, Spannzangen, Zangenköpfe, Spindelköpfe für kleine Werkzeugmaschinen, bearbeitete Flachwerkstoffe für Vorrichtungsteile, Schraubstöcke und Schraubstockbacken, Schraubenfedern, Spannwinkel usw. werden heute in den einzelnen Werken in großer Mannigfaltigkeit oft nach dem Gutdünken der einzelnen Vorrichtungskonstrukteure verwendet und belasten den Vorrichtungsbau mit unwirtschaftlichen Arbeiten. Es wäre wün-

Abb. 17
Schwenktisch zum Fräsen von Haltern für Signalhörner (Bosch-Horn).

Abb. 18
Pendel-Fräsvorrichtung mit zwei Fräsern, von denen der eine bei Rechtslauf, der andre bei Linkslauf arbeitet.

schenswert, ähnliche Blätter wie die AWF-Blätter für Stanzereitechnik[3]) auch für den Vorrichtungsbau in Gemeinschaftsarbeit aufzustellen, um die Erkenntnisse und Erfahrungen der einzelnen Werke zu sammeln und weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Der Erfolg wäre nicht eine Verschärfung des Wettbewerbes, sondern eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der ganzen Industrie.

Auf Grund der Blätter wäre es möglich, die Vorrichtungsteile zu normen, die in größeren Stückzahlen billiger hergestellt und nach Aussonderung der Vorrichtung wieder an neuen Vorrichtungen benutzt werden könnten. Die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure, als berufene Stelle, hat bereits Schritte für die Ausarbeitung solcher Blätter für den Vorrichtungsbau unternommen und ist im Begriff, einen Ausschuß dafür zu bilden. [B 2004]

[3]) AWF 500 u. f., herausgeg. v. Aussch. f. Stanzereitechnik beim Aussch. f. wirtsch. Fertigung, zu beziehen vom Beuth-Verlag, Berlin SW61.

Neuere Werkzeugmaschinen für die Uhrenindustrie

Selbsttätige Drehbank

Bei den selbsttätigen Drehbänken von J. Petermann, Moutier (Schweiz), werden sämtliche Bewegungen von Kurvenscheiben abgeleitet, die alle auf eine seitliche Welle aufgesetzt sind, so daß die Arbeitsvorgänge genau aufeinander folgen. Mit Hilfe verschiedener Zusatzvorrichtungen können die verschiedenartigsten Arbeitsstücke hergestellt werden. Die kleinste Maschine kann Teile von 0,08 mm Dmr. bei 0,5 mm Länge bis zu 4 mm Dmr. bei 15 mm Länge, die größte Maschine Stücke bis zu 20 mm Dmr. bei 150 mm Länge herstellen. Die kürzeren und dickeren Stücke werden fliegend am Spindelkopf bearbeitet; für lange, dünne Stücke wird in die Führung am Stahlhalterbock eine Büchse eingesetzt.

Abb. 1 zeigt das Schema der Maschine. Die Kurvenscheibe *a* verschiebt mittels des Hebels *b* den Spindelstock *c* nach rechts, der durch eine Feder im Innern des Untersatzes zurückgeführt wird. Die Scheiben *d* und *g* schließen und öffnen mittels der Hebel *e* und *f* die Klemmzange für den Werkstoff in der Spindel. Der Stahlhalterbock *l* trägt bis zu vier Werkzeuge. Abb. 2 zeigt die Anordnung der beiden wagerechten Drehstähle in einer Wippe, die von einer Kurvenscheibe aus gesteuert wird. Die Werkzeughalter der senkrechten Stähle werden je von einer Nockenscheibe mittels Stoßstange und Kipphebels in die Arbeitsstellung heruntergedrückt und durch Federn zurückgezogen. Sie gleiten in Führungen am Stahlhalterbock. Die Drehstahlhalter können nach allen Seiten eingestellt werden. Zum Verstellen der Halter in der Wippe sind Mikrometerschrauben vorgesehen. In Abb. 2 ist oberhalb des Drehpunktes der Wippe die in den Stahlhalterbock eingesetzte Führungsbüchse sichtbar.

Gegenüber dem Spindelkopf können verschiedene Zusatzvorrichtungen wie Bohrvorrichtungen mit einer oder zwei Spindeln, ein Gewindeschneider für Außengewinde, eine Vorrichtung zum Bohren und Schneiden von Innen- und Außengewinde an die Maschine angeflanscht werden. Diese Vorrichtungen werden durch Kurvenscheiben am Ende der Steuerspindel gesteuert. Sowohl Innen- wie Außengewinde werden im Überholen geschnitten. Die Spindel zum Gewindeschneiden, Abb. 3, hat zu diesem Zweck zwei Antriebscheiben, wovon die Scheibe *u* die Spindel beim Schneiden von Rechtsgewinden mit einer etwas höheren Drehzahl als der des Werkstückes antreibt. Die Steuerscheibe *r* auf der Spindel des Gewindebohrers legt bei der eingestellten Gewindetiefe den Klinkenhebel *s* um, wodurch die Riemengabel *t* unter dem Einfluß der Feder den Riemen auf die Scheibe *v* verschiebt, so daß nunmehr der Gewindebohrer sich infolge seiner gegenüber dem Werkstück etwas verminderten Drehzahl herausdreht und vom Hebel *x* zurückgezogen wird. Die Bohrspindel *z* ist hinter der Gewindespindel sichtbar. Der Bohrer kann unabhängig vom Gewindebohrer zentriert werden. Die ganze Vorrichtung ist um den Konsolarm *w* schwenkbar, wobei mittels einer besonderen Steuerscheibe zuerst die Bohrspindel und dann der Gewindebohrer in die Achse des Werkstückes geschwenkt wird.

Zum Schlitzen der Schraubenköpfe wird an die Wippe auf der Seite des linken Drehstahles eine Vorrichtung angebracht, die die fertigen Arbeitsstücke mittels einer Zange dem Schlitzfräser zuführt. Kegelstifte werden mittels einer weiteren Vorrichtung hergestellt, die durch eine Kurven-

Abb. 1
Schema der selbsttätigen Drehbank von J. Petermann.

a Kurvenscheibe für die Bewegung des Spindelstocks
b Übertragungshebel mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis
c Spindelstock
d Kurvenscheibe zum Schließen der Spannzange
e, *f* Gestänge zum Verstellen der Spannzange
g Kurvenscheibe zum Öffnen der Spannzange
h Spannzange am Spindelkopf
i Steuerkurve für den senkrechten Werkzeughalter
k Stoßstange und Kipphebel für den senkrechten Werkzeughalter
l Leitsupport
m senkrechter Werkzeughalter
n Kurvenscheibe für die Wippe
o Wippe mit zwei wagerechten Werkzeughaltern
p Nockenscheibe zum Einschalten der Gewindeschneidvorrichtung
q Angeflanschte Hilfsvorrichtung zum Gewindeschneiden, s. Abb. 3

Abb. 2
Stahlhalterbock der Drehbank nach Abb. 1 mit Wippe und eingespannter Führungsbüchse für das Werkstück.

Abb. 3
Zusatzvorrichtung zum Bohren und Schneiden von Innen- und Außengewinde.

r Anschlagscheibe
s Klinkenhebel
t Umschalthebel mit Riemengabel
u Antriebscheibe für Gewindeschneiden
v Antriebscheibe zum Herausdrehen des Gewindebohrers
w Tragarm
x Rückführhebel
y Spindel mit Gewindebohrer
z Bohrkopf mit Bohrer

scheibe gesteuert, die Stellung der Wippe und somit die des Drehstahles beim Durchgang des Werkstoffes stetig verändert.

Abb. 4 und 5 zeigen den Antrieb dieser selbsttätigen Drehbänke mit angeflanschtem Elektromotor. Da die verschiedenen Vorgelegewellen im Maschinenuntersatz geschützt untergebracht sind, können die Arbeiten überwacht und bedient werden ungehindert durch die mehrfachen Riementriebe. Der Werkstoff wird während des Rückganges des Spindelstocks, währenddessen die Spannzange geöffnet ist, bei genügend großem Durchmesser des Stangenmaterials durch ein Gewicht gegen den Anschlag vorgeschoben. Sobald die Stange aufgebraucht ist, wird mittels eines Anschlages d_1 die Drehbank selbsttätig abgestellt. Bei den kleineren Maschinen und hauptsächlich bei sehr dünnen Stangen, die sich bei der Gewichtsbelastung verbiegen würden, wird der Werkstoff während des Rückganges des Spindelstocks in seiner Führung an der Maschine festgeklemmt. Hierfür ist auf der Steuerwelle eine besondre Kurvenscheibe vorhanden.

Zapfenschleifmaschine

Zum Fertigschleifen der Laufzapfen von vorgedrehten kleinen Uhrentrieben stellt die Safag, A.-G., Biel (Schweiz), eine halbselbsttätige Maschine her, die Zapfen bis zu einem Durchmesser von 0,08 mm schleift. Die Maschine, Abb. 6, hat einen Revolverkopf mit vier bis sechs Spindeln, an deren Ende je eine Schleifscheibe aus Saphir befestigt ist. Diese Schleifscheiben bestehen aus einem oder mehreren zusammengesetzten Stücken, ihre Drehzahl beträgt 8000 U/min. Die Triebe werden fliegend in die Spannzange *f* der Werkstückspindel eingespannt.

Der Spindelstockschlitten wird in der Längsrichtung des Zapfens vorgeschoben, der Revolverkopfschlitten senkrecht dazu. Zwei Kurvenscheiben steuern die Schlittenbewegung mittels Hebel, deren Übersetzungsverhältnis zwischen 1 : 1 und 1 : 5 liegt. Der Revolverkopf wird ebenfalls von der Steuerwelle aus geschaltet. Abb. 7 bis 11 zeigen die Reihenfolge der einzelnen Arbeitsvorgänge. Die Maschine stellt sich nach einer Umdrehung des Revolverkopfes von selbst ab, das Werkstück wird zum Bearbeiten des zweiten Zapfens mit der Hand umgespannt.

Maschinen zur Herstellung von Fräsern

In der Uhrenindustrie werden zwei Fräserarten, die spitzzahnigen, gefrästen nach Abb. 12 und die hinterdrehten, Abb. 13, verwendet. Die gefrästen Fräser, die viel Zähne haben, kommen für die Herstellung solcher Teile in Frage, die sich beim Bearbeiten leicht verbiegen würden, wie z. B. die dünnen Ankerräder. Zur Herstellung von Verzahnungen werden dagegen vielmehr hinterdrehte Fräser verwendet, die auch beim Nachschleifen das genaue Zahnprofil behalten. Für ihre Herstellung auf Hinterdrehmaschinen verwendet man gewöhnlich Formscheibenstähle, Abb. 14, die aus drei Teilen bestehen, aus den äußeren, die die Form der Zahnflanken haben, und dem mittleren, dessen Dicke der Breite des Zahngrundes entspricht. Sie können auf einer Sonderschleifmaschine, Abb. 15 bis 17, hergestellt werden.

Abb. 4 und 5
Antrieb der Spindel, der Steuerwelle und der Zusatzvorrichtung für die Drehbank nach Abb. 1.

a_1 Vorrichtung zum Bohren u. Gewindeschneiden, s. Abb. 3
b_1 Schlitzvorrichtung f. Schraubenköpfe
c_1 Spindelstock
d_1 Selbsttätige Abschaltung
e_1 Elektromotor von 1.5 PS bei 1430 U/min
f_1 Handabschaltung
g_1 Kupplung
h_1 Wechselgetriebe für die Steuerwelle
i_1 Antrieb für b_1
k_1 Stufenscheiben von 95 bis 155 mm Dmr.
l_1 Antrieb für die Bohrspindel
m_1 Auswechselbare Stufenscheiben
n_1 Spannrolle für Spindelantrieb
o_1 Schneckenvorgelege 1 : 32 für die Steuerwelle
p_1 Steuerwelle

Abb. 6
Halbselbsttätige Zapfenschleifmaschine der Firma Safag A.-G.

a Kurvenscheibe zum Abstellen der Maschine
b Kurvenscheibe für den Spindelstock. (Die Kurvenscheibe zum Verschieben und Drehen des Revolverkopfes befindet sich im Innern der Maschine)
c Verstellbarer Hebelarm für den Vorschub des Spindelstocks
d Spindelstockschlitten
e Spindelantrieb
f Spannzange mit Führung
g Schleifscheiben
h Revolverkopf
i Antrieb der Schleifscheiben
k Antrieb der Steuerwelle
l Steuerwelle
m Schlitten für den Revolverkopf

Die äußeren Teile dieser Formscheibenstähle werden am Ende der Spindel *e* gegenüber der Schleifscheibe *c*, einer Topfscheibe, befestigt. Während das Arbeitstück mit der Spindel *e* umläuft, wird die Schleifscheibe mittels des Armes *g*, der sich im Punkt *a* dreht und an dessen äußerem Ende sich zwei Scheiben *k* und *l*, die den Rollkreisen entsprechen, aufeinander abwälzen, so geführt, daß eine theoretisch genaue Zykloide entsteht. Soll eine Evolvente erzeugt werden, so wird die bewegliche Wälzscheibe durch ein gerades Lineal ersetzt. Infolge der Länge des Armes ist das Übersetzungsverhältnis 1 : 10, so daß kleine Fehler der Leitkurven auf die Genauigkeit des Schleifens ohne Einfluß sind. Mittels des einstellbaren Halters der oberen Wälzscheibe kann die Lage der Schleiflinie und damit die Form des Formscheibenstahles geändert werden. Auch kann auf diese Weise jede Abrundung genau erzeugt werden, indem sie in zehnfacher Größe eingestellt wird.

Während die Werkstückspindel und die Schleifscheibenspindel mittels Schnurscheiben angetrieben werden, wird für die Wälzbewegung der Arm an dem gerändelten Griff, Abb. 17, mit der Hand gedreht. Mit dieser Maschine können schon Formscheibenstähle zur Herstellung von Fräsern für Triebe von 0,47 mm Dmr. angefertigt werden.

Gefräste Fräser werden auf einer Maschine nach Abb. 18 hergestellt. Die Maschine hat einen wagerechten Führungsschlitten für die Teilscheibenspindel mit dem Werkstück und einen senkrechten Führungsschlitten für die Fräserspindel, die außerdem als Planetenspindel ausgebildet ist. Die Fräserspindel ist exzentrisch in einer Büchse gelagert, die mit derselben Exzentrizität in eine zweite Büchse gesteckt ist. Werden die Büchsen gegeneinander verstellt, so beschreibt der Fräser beim Drehen des Ganzen, der Planetenspindel, einen Kreis, dessen Halbmesser bis zu 8 mm betragen kann. Durch Drehen des Ringes *g* mittels des Zahnsegmentes *f*, das durch die Glockenkurvenscheibe *s* gesteuert wird, können alle Abrundungen erzeugt werden.

Da die Schlitten nur sehr kleine Bewegungen ausführen und durch Kurvenscheiben gesteuert werden, sind zur Übertragung zwei Hebel vorgesehen, die durch Verschieben ihrer Stützpunkte ein Übersetzungsverhältnis der Übertragung in den Grenzen von 1 : 2 bis zu 1 : 10 erlauben. Eine einfache Änderung der Einstellung dieser Hebel ermöglicht, die Profile der Fräser beliebig zu ändern, so daß z. B. mit denselben Kurvenscheiben sämtliche Modulfräser für alle Module bis zu Modul 2 hergestellt werden können. Ferner ist es mittels dieser Einrichtung möglich, die Steigung auf den Kurvenscheiben in bis zu zehnfacher Vergrößerung auszuführen, so daß dadurch eine große Genauigkeit der Fräserzahnform gewährleistet ist. Beim Abstellen der Maschine wird der Stern *p* vom Teilrad *n* gedreht, wodurch der zu *q* führende Hebel den Endauslöser *q* ausklinkt.

Zum Fräsen der feinzahnigen Fräser, die jede beliebige Form als Finger- oder als Scheibenfräser bis zu 70 mm Dmr. haben können, werden Fingerfräser benutzt. Nach einer Umdrehung der Teilscheibe stellt die Maschine sich selbst ab, wonach der Arbeiter ein neues Werkstück einspannen und die Maschine in Gang setzen muß. Sowohl die Maschinen zum Schleifen wie auch die zum Fräsen werden von der Safag, A.-G., Biel (Schweiz), hergestellt.

Abb. 7 bis **11**
Reihenfolge der Arbeitsvorgänge auf der Zapfenschleifmaschine

a Abschleifen der Spitze
b Zapfen anschleifen
c Abschrägung anschleifen
d Schleifen der Welle
e Schleifen des Radansatzes

Abb. 12
gefräster Fräser

Abb. 13
hinterdrehter Fräser

Abb. 14
Formscheibenstahl zur Herstellung von hinterdrehten Fräsern

Selbsttätige Zahnrad- und Zahntrieb-Fräsmaschine

Auf der Maschine, Abb. 19 und 20, werden die gedrehten Triebe einzeln und die gestanzten Radscheiben in Sätzen in zwei oder drei Frägängen verzahnt. Gewöhnlich wird für jeden Frägang ein besonderer Fräser benutzt. Sind außer dem Fertigfrägang noch zwei Vorfrägänge nötig, so wird beim ersten Gang die Zahnlücke nur in halber Tiefe ausgefräst. Die Drehzahlen des Vorgeleges und der einzelnen Antriebe können je nach dem Werkstoff der Arbeitstücke eingestellt werden.

Die wesentlichen Teile der Maschine, Abb. 19 und 20, sind: der Werkstückschlitten, der Fräserschlitten, die Steuerwelle und die Beschick- und Einspannsteuerwelle.

Der Werkstückschlitten *g*, Abb. 20, bewegt sich an Führungen senkrecht zur Fräserspindel. Beim Fräsen zieht die Kurvenglocke *b* mittels des Gestänges *t* den Schlitten und das Werkstück unter dem Fräser durch; beim fünffach schnelleren Rücklauf holt die Feder *s* ihn in die Ausgangstellung zurück. Die Werkstücke werden in die Mitnehmerzangen der Teilscheibenspindel *h* eingesetzt und mittels der Reitstockspitze angedrückt. Diese steht bei Magazinbeschickung und bei kleinen Werkstücken unter Federdruck. Die Teilscheibenspindel trägt an ihrem Ende die Teilscheibe a_1, Abb. 21, die von Klinke b_1 beim Fräsen festgehalten wird, ferner das Schaltrad mit dem Schaltgestänge *z* und Klemmgesperre. Beim Rücklauf des Werkstückschlittens hebt der rechte Nocken auf dem Steuerzylinder *k* erst die Klinke an, wonach der linke Nocken mittels des Schaltgestänges und des Schaltrades die Teilscheibenspindel mit dem Werkstück um eine Teilung weiter schaltet. Bei einer vollen Umdrehung der Spindel *h*, wenn alle Zahnlücken im

Abb. 15 und **16**
Schema der Schleifmaschine für Formscheibenstähle

a Stützpunkt des Schleifscheibenarmes mit Kugelgelenk
b Lagerung der Schleifscheibenspindel
c Schleifscheibe
d Arbeitsstück
e Werkstückspindel
f Lagerung der Werkstückspindel
g Verlängerungsarm
h Halter f. die obere Wälzscheibe
i Mikrometer-Stellschraube
k Obere Wälzscheibe
l Untere "
m Stützpunkt für *l*

Abb. 17
Maschine zum Schleifen von Formscheibenstählen.

ersten Schnitt gefräst sind, berührt der Schaltzahn y den Schalthebel c_1 der Frässchlittenschaltung i. Dadurch rückt der Frässchlitten so weit vor, daß der zweite Fräser das Werkstück bearbeiten kann. Nach der zweiten vollen Umdrehung der Spindel h wird der dritte Fräser vorgerückt und nach der dritten Umdrehung wird bei Magazinbetrieb die Beschick- und Einspannsteuerwelle eingeschaltet.

Die Fräserspindel bewegt sich mit ihrem Schlitten d senkrecht zum Werkstück. Der Abstand der einzelnen Fräser ist so groß, daß sie nur in ihrer Arbeitstellung das Werkstück berühren. Dementsprechend ist an den Stellschrauben d_1 der Vorrückweg für jeden Fräser einzustellen. Die drei Stellschrauben w dienen zum Einstellen der den Arbeitsgängen entsprechenden Schnittiefen. Beim Fräsen

Abb. 18
Fräsmaschine zum Herstellen feinzahniger Formfräser.

a Steuerwelle und Kurvenscheibe für den Werkstückschlitten
b Übertragungshebel mit Einteilung
c verstellbarer Drehpunkt von *b*
d Werkstückschlitten
e senkrechter Fräserschlitten
f Zahnsegment zum Bewegen der Planetenspindel
g Verstellung der Exzentrizität der Fräserspindel
h äußere Exzenterbüchse des Planetengetriebes
i innere Exzenterbüchse des Planetengetriebes
k Spannzange für den Fräser
l Werkstück
m Klinke des Teilrades
n Teilrad
o Schalthebel für das Teilrad
p Schaltstern f. die Abstellung
q Endauslöser
r Anlaßhebel
s Kurvenscheibe für die Planetenspindel

großer Räder oder bei großen Fräsern wird die Drehachse der Wippe x in die obere Bohrung des Lagerbockes gesteckt. Außerdem müssen die Fräser beim jeweiligen Weiterschalten um eine Teilung wie auch beim Ein- und Ausspannen des Werkstückes vom Werkstück abgehoben werden. Eine Nockenscheibe auf der Steuerwelle k hebt den Stellblock e_1 und damit die Wippe x mit der Fräserspindel, die mittels einer Feder heruntergedrückt wird, bei jedem Rückgang des Werkstückschlittens.

Abb. 19 und **20**. Selbsttätige Zahnrad- und Zahntrieb-Fräsmaschine von J. Petermann.

a Schnurscheibe mit Schnecke für den Steuerwellenantrieb
b Kurvenglocke für *g*
c Reitstock mit federbelasteter Spitze
d Fräserschlitten
e Magazin
f Fräser
g Werkstückschlitten mit Teilscheiben-Spindellager
h Teilscheibenspindel
i Frässchlittenauslösung
k Steuerwelle mit Nockenzylinder
l Stange zum Abschalten des Vorgeleges
m Beschick- und Einspannsteuerwelle
n Riemenscheibe mit Schneckenvorgelege für *m*
o Schaltplatte zum Beschicken
p Doppelhebel „ „
q Doppelhebel „ „
r Magazinschieber
s Rückziehfeder für *g*
t Schubgestänge für *g*
u Ölpumpe

Abb. 21
Einzelheiten der Steuer- und der Beschickungswelle

v Ausspannhebel
w drei Stellschrauben zum Einstellen der Frästiefe
x Wippe mit Fräserspindel
y Schaltzahn für die Fräserschlittenauslösung
z Gestänge zum Weiterschalten der Teilscheibenspindel mit Klemmgesperre
a_1 Teilscheibe
b_1 Klinke zu a_1
c_1 Gegenzahn zu y
d_1 drei Stellschrauben zum Einstellen des Vorrückens der Fräserspindel [Wippe
e_1 Stellblock zum Anheben der
f_1 Hebel zum Anheben des Ausspannhebels
g_1 Ein- und Abschaltschieber für den Antrieb von m
h_1 Kurvenscheibe zum Anheben von e_1
i_1 Sperrscheibe für g_1
k_1 Kurvenscheibe für die Beschickung und das Rückführen des Fräserschlittens
l_1 Hebel zu k_1
m_1 Anschlagstift am Fräserschlitten für l_1
n_1 Abschaltstange für die Beschickung

Die selbsttätige Beschickvorrichtung wird in der Hauptsache bei der Verzahnung kleiner Triebe verwendet; sie eignet sich jedoch auch zur Austeilung von auf einem Spannstück befestigten Rädersätzen. Der Vorgang wird nach dem letzten Frässchnitt durch Verschieben des Schiebers g_1 eingeleitet, wonach die Welle m von der Riemenscheibe n über ein Schneckengetriebe angetrieben wird. Eine Nockenscheibe der Welle m hebt den Hebel f_1 und damit den Ausspannhebel v, der die Reitstockspitze zurückschiebt, so daß das fertige Werkstück herausfällt. Die Nockenscheibe h_1 hebt mit dem Stellblock e_1 die Frässpindel. Während einer Umdrehung der Welle m sperrt die Scheibe i_1 den Schieber g_1, und die Nockenscheibe k_1 legt den Hebel l_1 um. Dieser Hebel schiebt mittels des Stiftes m_1 den Fräserschlitten in die Anfangsstellung zurück und betätigt mittels des Anschlages o, Abb. 20, des Doppelhebels pq den Magazinschieber r. Das neue Werkstück wird hierdurch zwischen Teilscheibenspindel und Reitstock geschoben und von der nun freigegebenen Reitstockspitze in die Mitnehmerzange gedrückt, worauf der Schieber r nach Freigabe des Hebels l_1 durch Federn zurückgezogen wird und die Riemengabel die Welle m abschaltet. Mit der Schaltstange n_1 kann der Beschickungsvorgang abgeschaltet werden. Zum Abschalten des Gesamtantriebes dient die Schaltstange l, die auch bei völlig entleertem Magazin selbsttätig verstellt wird.

Selbsttätige Nietmaschine

Bei den Radsätzen in Uhren, Zählern, Weckern usw. ist meist das stählerne Triebrad mit der Achse aus einem Stück hergestellt, während das zugehörige Messingrad aufgenietet wird. Hierbei hat die Zahl der Nietschläge wesentlichen Einfluß, da sich das Rad sowohl bei zu wenigen wie bei zu vielen Schlägen lösen kann.

Abb. 22 und 23 zeigen eine Maschine von J. Petermann, Moutier (Schweiz), die sich nach einer einstellbaren Zahl Nietschläge selbsttätig abstellt. Die Triebachse wird mittels der federbelasteten Einzugstange a in die Zange c eingespannt und mittels der Seilscheibe mit 300 U/min angetrieben.

Beim Nieten drückt man den Schlitten mit dem Handhebel b gegen den Anschlag d. Die Hülse f um den Hammerkopf e hält das Rad in genauer Lage senkrecht zur Triebachse. Der vom Exzenter h angetriebene Hebel k zieht den Hammer e so weit zurück, bis der Dreikant i die Klinke l freigibt, worauf die Federn g den Hammer vorschnellen lassen. Die Klinke ist verstellbar, so daß man damit den Hammerweg und die Federspannung einstellen kann. Die Schlagzahl kann man mittels des auswechselbaren Zahnrades m auf 10, 15 und 20 Schläge einstellen, weil das Zahnrad n bei jeder vollen Umdrehung mit dem Schaltzahn den Winkelhebel o umlegt und den Hebel p freigibt. Dieser schaltet mittels eines Drahtzuges das Antriebvorgelege ab. Beim Zurückstoßen des Schlittens wird gleichzeitig mittels des festen Anschlagarmes die Zange c geöffnet.

Maschine zum Schneiden und Fräsen von kleinen Gewinden

Die Maschine, Abb. 24, die von J. Petermann, Moutier (Schweiz), hergestellt wird, fräst Gewinde von 1 bis 10 mm Dmr. und höchstens 1,5 mm Steigung. Für kleinere Gewinde von 0,3 bis 5 mm Dmr. und 0,05 bis 0,8 mm Steigung wird der Frässupport gegen einen Schneidstahlsupport ausgewechselt. Das Gewinde wird nur in einer Richtung gefräst oder geschnitten, während der Rückgang als Schnellgang ausgebildet ist. Die Vorgelegewelle auf der hinteren Maschinenseite, die mittels des Zahnradgetriebes (ins Langsame) c mit der Spindelkopfwelle verbunden ist, trägt die zweistufige Antriebscheibe d für das Gewindeschneiden und das Schneckengetriebe nebst Antriebscheibe für das Gewindefräsen, das eine kleinere Übersetzung ins Langsame bedingt. Die doppelte Kegelkupplung b schaltet für den Arbeitsgang das Getriebe c oder für den Schnellrückgang die Riemenscheibe a auf die Spindelwelle.

Abb. 25 zeigt den Schneidstahlschlitten. Der Schneidstahl wird in Richtung der Linie k_1, Abb. 26, vorgeschoben, die weniger geneigt ist als die Gewindeflanke. Der Schlitten l trägt den Quersupport y, der in den Führungen z mittels des Schnabels a_1 bei der Drehung der Kurvenscheibe b_1 senkrecht zum Werkstück vorgeschoben wird. Auf dem Schlitten y sitzt ein zweiter Schlitten h_1, der den Stahlhalter i_1 trägt und sich senkrecht zu y verschiebt. Die Schrägführung der Werkzeugspitze wird am Hebel f_1 eingestellt. Der eine Teil dieser Führung ist mit dem Schlitten l verschraubt, der zweite Teil mit dem Schlitten h_1.

Die Werkzeugeinstellung wird bei laufender Maschine vorgenommen. Zunächst wird bei hochgeklappter Klinke n die Gewindetiefe mittels der Einteilung der Vorschubkurvenscheibe b_1 eingestellt, wobei ein Teilstrich 0,01 mm Vorschub entspricht. Dann dreht man die Schraube e_1 so weit zurück, daß der Stahl in seiner Anfangstellung das Werkstück leicht berührt. Nach dem Umlegen der Klinke schaltet die Maschine selbsttätig weiter und schneidet das Gewinde mit einer Höchstabweichung von 0,05 mm im Durchmesser. Der Vorschubklinkenhebel m stößt beim Rücklauf gegen den Anschlag o und nimmt mittels der Klinke n die Vorschubkurvenscheibe b_1 mit. Die Größe des Vorschubes wird mittels der Stellschraube c_1 im Zusammenhang mit dem Anschlag o eingestellt.

Abb. 25
Schneidstahlsupport der Maschine zum Schneiden und Fräsen von kleinen Gewinden, Abb. 24.

x Winkelhebel zum Abheben des Werkzeuges
y Quersupport
z Führungen zu y
a_1 Schlittenschnabel
b_1 Vorschubkurvenscheibe
c_1 Vorschubregelung
d_1 Feststellmutter zu e_1
e_1 Stellschraube für Querschlitten
f_1 Stellhebel für Schrägführung
g_1 Klemmschraube für den oberen Teil der Schrägführung
h_1 Oberer Längsschlitten
i_1 Stahlhalter

Abb. 22 und **23**
Selbsttätige Nietmaschine für Radsätze in Uhrwerken usw. von J. Petermann.

a Einzugstange
b Handhebel
c Zange
d Anschlag
e Hammerkopf
f Stütze zum Einspannen des Rades
g Zugfeder zum Vorholen des Hammers
h Exzenterantrieb
i Schalterdreikant
k Hebel für *i*
l Klinke
m Auswechselbares Zahnrad für Schlagzahleinstellung
n Auslösezahnrad
o Winkelhebel zum Auslösen von *p*
p Abschalthebel für das Antriebvorgelege

Abb. 26 Vorschubrichtung k_1 der Schneidstahlspitze.

Abb. 24
Maschine zum Schneiden und Fräsen von kleinen Gewinden von J. Petermann.

a Riemenscheibe f. den Schnellrückgang
b Doppelkegelkupplung
c Zahnradgetriebe (ummantelt)
d Zweistufige Riemenscheibe f. das Gewindeschneiden
e Fräser
f Frässupport
g Höheneinstellung
h Schrägstellung
i Reitstock
k Verschiebbare Gelenkwelle f. den Fräserantrieb
Längssupport
m Vorschubklinkenhebel
n Vorschubklinke
o Anschlag für den Werkzeugvorschub
p Endanschlag für den Rückgang
r Endanschlag für den Arbeitsgang
s Sicherheitsabschalthebel
t Hebel zum Inbetriebsetzen
v Stellstift zu *w*
w Abschaltauslösung

Am Ende jeden Bearbeitungsganges legt der Support den Winkelhebel *x* um, wodurch der zur Spindel parallele Arm dieses Hebels die Schlitten mit dem Schneidstahl vom Werkstück entfernt. Gleichzeitig wird der Schnellrückgang mittels der Anschlagschraube *r*, Abb. 24, und des darunter sitzenden Winkelhebels für den Gangwechsel eingeschaltet. Dieser Hebel betätigt über die im Inneren des Maschinenuntersatzes liegende Steuerwelle die Gabel der Doppelkegelkupplung *l*. Am Ende des Rücklaufes schaltet die Anschlagschraube *p* mittels des Winkelhebels den Arbeitsgang wieder ein, und indem der Hebel *x* gleichzeitig frei wird, können die Werkzeugschlitten in die Arbeitstellung zurückgehen.

Sobald die Vorschubkurvenscheibe beim wiederholten Rückgang in ihre Nullstellung zurückgedreht ist, ist das Gewinde auf volle Tiefe geschnitten. Der kurze Arm der Abschaltauslösung *w* fällt in eine Einkerbung der Vorschubkurvenscheibe ein. Infolgedessen senkt sich die Schaltstange *v*; diese trifft beim Rückgang des Supports auf die Abschrägung des rechts von *v* liegenden Hebels und drückt ihn zum selbsttätigen Abschalten herunter. Dadurch dreht sich der Sicherheits-Abschalthebel *s*, der den Hebel zum Inbetriebsetzen *t* freigibt, so daß dieser in die Stoppstellung zurückspringt und die Maschine stillsetzt. Auf dem Weg über den Hebel *s* kann zur Sicherheit die Maschine ebenfalls durch den wagerechten Arm des erwähnten Winkelhebels für den Gangwechsel angehalten werden, wenn die Endstellung des Längsschlittens überschritten worden ist.

Zum Fräsen, Abb. 24, tritt der Frässchlitten an die Stelle der beiden Schneidstahlschlitten. Die Frästiefe wird gleich zu Anfang mittels der Stellschraube e_1 eingestellt und das Gewinde im allgemeinen in einem Durchgang fertig geschnitten. Die Vorschubkurvenscheibe dient in diesem Falle nur zum Abschalten der Maschine, indem sie so weit verstellt wird, daß die Klinke sie gleich beim Rückgang in die Nullstellung zurückdreht und die Abschaltauslösung in Tätigkeit tritt. [M 2216]

Berlin. Dipl.-Ing. E. Luchsinger

Wirbelstromtachometer

Bei den Wirbelstromtachometern, Abb. 1, sind mit der Tachometerwelle ein Stahlmagnet *a* und zwischen dessen Polen ein Weicheisenkörper, der Rückschlußkörper *b*, fest verbunden. Im zwischenliegenden Luftspalt *c* befindet sich eine Metalltrommel *d*, die mit einem Zeiger *e* für 310 ° Anzeigebereich starr verbunden ist.

Beim Umlauf des Magneten erzeugt der Kraftlinienfluß zwischen Magnet und Rückschlußkörper in der Trommel Wirbelströme, deren Stärke von der Umlaufgeschwindigkeit abhängt und welche die durch eine Feder *f* in der Ruhelage gehaltene Trommel nebst Zeiger um einen der Umlaufgeschwindigkeit entsprechenden Winkel verdrehen. Der an der Einteilung abzulesende Verdrehungswinkel ist dann ein unmittelbares Maß für die Geschwindigkeit.

Hauptsächlich treten Anzeigefehler infolge von Temperaturschwankungen auf, die die Leitfähigkeit der Metalle verändern. Diese Fehler lassen sich auf dreierlei Weise beseitigen. Einmal kann man das für eine bestimmte Temperatur geeichte Tachometer mit einem selbsttätigen Temperaturregler verbinden, der entweder das Trommeldrehmoment oder die Stärke des Wirbelstromfeldes ausgleichend verändert. Ferner kann man versuchen, die Stärke des Wirbelstromfeldes durch veränderliche magnetische Induktion unveränderlich zu halten oder schließlich das Metall der Trommel so zu wählen, daß der Temperatureinfluß auf die elektrische Leitfähigkeit sehr klein wird.

Am häufigsten wird in mannigfaltigen Abarten die lineare oder die kubische Ausdehnung von festen oder flüssigen Körpern benutzt, die durch mitunter sehr verwickelte Übersetzungsglieder auf die Teile, die mit der Anzeige zusammenhängen, übertragen wird. Damit läßt sich zwar der Temperaturfehler fast ganz beseitigen, doch verringern diese Übersetzungsglieder oft die Betriebsicherheit.

Für die zweite Art benutzt man Legierungen, deren magnetische Permeabilität in fester, umkehrbarer Abhängigkeit von der Temperatur innerhalb eines gegebenen Bereiches steht. Die Legierung wird entweder an Stelle des Weicheisens montiert oder dem Stahlmagneten parallel geschaltet, wodurch mit zunehmender Temperatur eine Erhöhung der Kraftliniendichte und somit der Wirbelströme im Luftspalt und des anzeigenden Drehmomentes erreicht wird. Das Ergebnis einiger Untersuchungen[1]) zeigt deutlich, daß es sehr schwierig ist, Nickelstähle mit bestimmten magnetischen Eigenschaften zu erhalten. Sodann ist auch bei einem geeigneten Nickelstahl der Fehlerausgleich nicht geradlinig abhängig von der Temperatur[2]).

Die dritte Möglichkeit verwendet Dr. Th. Horn, Leipzig. An Stelle von Aluminium wird für die Trommel *d*, Abb. 1, eine Sonderlegierung verwendet, deren elektrische Leitfähigkeit wesentlich weniger von der Temperatur abhängt. Dieser Gedanke ist für Wirbelstromtachometer neu, jedoch haben Legierungen mit kleinen Temperaturbeiwer ten im allgemeinen einen erheblichen spezifischen elektri schen Widerstand. Infolgedessen wird die absolute Stärk des Wirbelstromfeldes bei gleicher Kraftliniendichte so ver ringert, daß das für die Anzeige notwendige Drehmomen nur mittels unförmiger Magnete erreicht wird oder di Trommel ein zu großes Gewicht bekommt. Die Sonder legierung, die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Berlin, untersucht wurde, Abb. 2, hat eine genügend groß Leitfähigkeit, um schon bei geringem Gewicht und üblicher Magnetgröße ein ausreichendes Drehmoment zu erzielen.

Die kennzeichnenden Konstruktionszahlen des Tacho meters erfüllen trotz der Verwendung einer Legierung mi kleinerer Leitfähigkeit und größerem spezifischen Gewich für den beweglichen Teil die an ein Wirbelstromtachometer gestellten Anforderungen, Zahlentafel 1.

[1]) B. Hilpert u. E. Colver-Glauert, Z. f. Elektrochemie Bd. 17 (1911) S. 750; I. Würschmidt, Z. f. Phys. Bd. 12 (1922) S. 123; Kruppsche Monatshefte Bd. 6 (1925) S. 188, 206, 241; Hegg, Études thermomagnetiques sur les ferronickels, Zürich, 1920.

[2]) Keinath, Technik der elektrischen Meßgeräte, München 1921. 1. Aufl. S. 388.

Abb. 1
Wirbelstromtachometer von Dr. Th. Horn, Leipzig.

a Stahlmagnet, *b* Rückschlußkörper, *c* Luftspalt, *d* Metalltrommel, *e* Zeiger, *f* Gegenfeder

Abb. 2
Temperaturbeiwert in Hundertteilen der elektrischen Leitfähigkeit.

a für Aluminium
b „ angewandte Legierung

Zahlentafel 1. Kennzeichnende Werte.

Tachometer	aus Keinath	Bauart Horn
Gewicht d. bewegl. Trommel . g	2,4	2,2
Anzeige-Drehmoment bei einem Ausschlag von 90 ° . . cmg	0,5 bis 1,3	0,5
Drehzahl d. Magneten . U/min	1000 bis 2000	1200

Das Anzeige- und das Magnetsystem können ge trennt hergestellt werden. Die beiden Lager des Anzeige systems sind mit dem äußeren Gehäuse verbunden, so daß ein zusätzliches Drehmoment ausgeschlossen ist. Auch sind die Spitzen infolge des geringen Gewichtes der anzeigenden Teile wenig beansprucht. Die Bauart des Magneten aus einzelnen gestanzten kreisrunden Streifen vermeidet einseitige Fliehkräfte; gleichzeitig ist die Trägheit des Magneten bei gegebenem Gewicht gering.

Leipzig [M 1912] Dr. E. Horn

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 72 SONNABEND, 15. DEZEMBER 1928 Nr. 50

Ingenieurbauten im Bergbau über und unter Tage

Von Reg.-Baumeister a. D. Baudirektor von Stegmann, Dortmund

Vorgetragen in der Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen am 9. Juni 1928

(Hierzu Bildblatt 46 und 47)

Anlagen über Tage: Geschichtliche Entwicklung, Förderanlagen einschließlich der Fördergerüste und der Schachthallen, Kohlenaufbereitanlagen, Kohlenvorratstürme, Kokereianlagen, Verteilvorrichtungen, sonstige Hallenbauten, Kraftanlagen einschl. Kühltürme, Bahnhof- und Hafenanlagen. Einfluß des Abbaues der Kohle auf die Gründung der Bauten. Anlagen unter Tage: Schachtanlagen, Füllort, Strecken, Ausbau. Die Schönheit bergbaulicher Anlagen.

Abb. 1
Schachtanlage „Emil Kirdorf" auf Zeche Minister Stein der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., Dortmund.
Fördergerüst mit obenstehender elektrischer Maschine und selbsttätigem Wagenumlauf. Schachthalle, Aufbereitungsanlagen und Fördergerüst in Eisenkonstruktion, erbaut von der Dortmunder Union. Wagenumlauf und maschinelle Einrichtung der Wäsche von Schüchtermann & Kremer-Baum, Dortmund. Wäschegebäude in Eisenbeton von Heinrich Butzer, Dortmund.

Der Bau neuzeitiger Industrieanlagen hat den Bauingenieur durch die gewaltige Entwicklung der Industrie während der letzten Jahrzehnte vor große neuartige Aufgaben gestellt. Während man früher unter Bauingenieurbauten im wesentlichen Brücken-, Wasser- und Eisenbahnbauten verstand und die Aufgaben des Hochbaues überwiegend Sache des Architekten waren, hat die weitgehende Verwendung des Eisens und Eisenbetons heute die Arbeit des Bauingenieurs auch weite Gebiete des Hochbaues maßgeblich beeinflußt.

Während in früheren Jahrhunderten auch reine Ingenieuraufgaben ein Teil des vorwiegend architektonisch bedingten Hochbaues waren und als solche auch überwiegend von Architekten gelöst wurden, ist die Arbeit des Bauingenieurs durch sein Eindringen in die Gebiete des Hochbaues in den letzten Jahrzehnten für die Entwicklung des baulichen Schaffens überhaupt richtunggebend geworden. Dies geht soweit, daß auch Bauaufgaben, die an sich ingenieurmäßig nicht wesentlich bedingt sind, wie z. B. das Wohnhaus, heute in Formen gelöst werden, die durchaus dem ingenieurmäßigen Industriebau entlehnt sind. Wir sprechen heute geradezu von einem industriellen Baustil, wie überhaupt das ganze Formenempfinden unserer Zeit weitgehend von technischen Zweckformen beherrscht ist.

Die Aufgaben, die dem Bauingenieur bei der Errichtung neuzeitlicher Industrieanlagen der Eisen- und Kohlenindustrie gestellt werden, weichen zwar nicht grundsätzlich von den Aufgaben andrer Industriebauten ab. Es gibt aber nur wenige Gegenden unseres Vaterlandes, wo dem Bauingenieur als Schöpfer neuzeitlicher Industriebauten so zahlreiche und große Aufgaben gestellt worden sind, wie im Ruhrgebiet.

Der Bergbau stellt Aufgaben, die in gewissem Maß besonderen Bedingungen unterworfen sind. Daneben bietet der Bergbau neben der Errichtung der umfangreichen Zechenanlagen über Tage dem Bauingenieur ein gerade außerhalb des Reviers wenig bekanntes Tätigkeitsfeld im Abbau unter Tage. Das zu behandelnde Gebiet ist so außerordentlich umfangreich, daß ich in meinen Ausfüh-

Abb. 2
Schacht der Zeche Bonifacius zu Kray der Vereinigten Stahlwerke, erbaut im Jahre 1879.

Steinerner Förderturm (sogenannter Malakoff). Unmittelbar daran angebaut die Bauwerke für Wasserhaltung und Fördermaschine. Stärkste Zusammenfassung der gesamten Anlage um den Schacht. Sehr schlichte und trotzdem ästhetisch gute äußere Gestaltung.

Abb. 3
Entwurf zu einer vollelektrisch betriebenen Doppelschachtanlage der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G., Weddinghofen.

Neuzeitliche Anordnung der gesamten Anlage. Zwei Fördertürme mit obenstehender elektrischer Fördermaschine. Geringe räumliche Ausdehnung, weil Kokerei und Kesselhaus zur Erzeugung des elektrischen Stromes fehlen.

rungen nur einen kurzen Überblick über die technischen Probleme des Ingenieurbaues und die ästhetische Seite dieser Aufgaben geben kann.

Anlagen über Tage

Die konstruktiven Aufgaben des Bauingenieurs bei der Errichtung von Tagesanlagen für Zechen sind nicht grundsätzlich abweichend von denen andrer Bauaufgaben. Entsprechend dem Gange der Förderung und Bearbeitung der Kohlen wiederholen sich bestimmte Aufgaben immer wieder, so daß sich ganz bestimmte Gebäudebauarten ergeben. Ich will daher bei meinen weiteren Betrachtungen von diesen Gebäudearten und nicht von den Verschiedenheiten der Konstruktionsverfahren ausgehen. Das Her[z] einer jeden Schachtanlage ist die eigentliche Förder[-]anlage, bestehend aus Fördergerüst mit Fördermaschinen[-]gebäude, Schachthalle, Kohlenwäsche und Verladeein[-]richtung, Abb. 1[1]).

Die gewaltige Entwicklung der Übertageanlagen i[n] den letzten 50 Jahren zeigen Abb. 2 und 3, wobei Abb. [2] die im Jahre 1879 erbaute Schachtanlage Bonifacius un[d] Abb. 3 den Entwurf einer neuzeitlichen Doppelförder[-]schachtanlage mit sämtlichen Nebenanlagen darstellt. Di[e] Nebenanlagen beanspruchen nur einen geringen Umfang da der Betrieb für eine voll elektrisch betriebene Anlage die ihren Strom von außerhalb bezieht, gedacht war, s[o] daß die auf den meisten Schachtanlagen einen erhebliche[n] Umfang einnehmenden Kesselanlagen zur Dampferzeu[-]gung in Fortfall kommen konnten. Außerdem ist mit de[r] Anlage nicht, wie dies meist der Fall ist, eine Kokere[i] verbunden. Die Förderanlage einer andern Zeche, di[e] Schachtanlage Erin, Castrop-Rauxel, der Vereinigten Stahl[-]werke, A.-G., zeigt Abb. 4, Bildblatt 46.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1009.

Abb. 8 und 9
Förderturm des Luftschachtes Westfalia der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., Dortmund.

Unterirdischer Zugang zur Seilfahrtsbühne. Ausführung Dortmunder Union.

Eiserne Fördergerüste üblicher Bauart mit auf der Erde stehender Fördermaschine sind in Abb. 5 und 6[2]), Fördergerüste mit obenstehender Fördermaschine in Abb. 7 bis 11 dargestellt. Gegenüber einer Ausführung in Eisen bietet eine Ausführung in Eisenbeton eines solchen Bauwerks den Vorteil der erheblich größeren Massen, wodurch die Möglichkeit von Schwingungserscheinungen infolge des hochliegenden Angriffes großer Kräfte der Fördermaschine gemildert wird. Ein Eisenbetonbauwerk erfordert außerdem wesentlich geringere Unterhaltungskosten, die bei einem so großen Eisenbauwerk im Laufe der Jahre immerhin erheblich sind.

Alle diese Erwägungen und auch wohl Rücksicht auf den Preis haben die Verwaltung der holländischen Staatsgrube in Heerlen veranlaßt, auf der Grube Maurits von der holländischen Niederlassung der Firma Schlüter zwei Fördertürme größten Ausmaßes mit obenstehender Fördermaschine in Eisenbeton ausführen zu lassen. Abb. 11 zeigt die beiden unmittelbar nebeneinander stehenden gewaltigen Türme, die sich im Betrieb recht gut bewährt haben.

Abb. 19
Waschkaue der Zeche Zollern I der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., Dortmund-Kirchlinde, für 3000 Mann.

Ausführung ganz in Eisenbeton. Basilikaler Querschnitt mit seitlichen Brauseräumen. — Ausführung: Fritz Diehl, Essen.

Die Bauwerke für die Kohlenwaschanlagen hat man früher ausschließlich in Eisenkonstruktion mit eisernen Bunkern ausgeführt, heute werden sie ganz überwiegend in Eisenbeton, Abb. 12, oder zum Teil in Eisenbeton und zum Teil in Eisen, Abb. 13, errichtet. Neben den Fördertürmen und Kohlenwäschen sind für die äußere Gesamtansicht neuzeitlicher Schachtanlagen auch die großen Türme für den Kohlenvorrat der Kokerei, die im allgemeinen in enger Verbindung mit den Schachtanlagen errichtet werden, kennzeichnend. Die Kohlentürme der Kokereien, Abb. 14 bis 18[3]) sind Großraumbunker bis zu 8000 t Fassungsvermögen, d. h. also reine Silobauten. Solche Bauwerke hat man anläßlich des Baues vieler neuzeitlicher Großkokereien in den letzten Jahren in größerer Anzahl im Ruhrgebiet errichtet. Die Kohlentürme stehen im allgemeinen in der Mitte zwischen zwei oder am Ende einer Koksofenbatterie. Sie werden durch Beschickeinrichtungen verschiedener Art gefüllt. Die in ihnen aufgestapelten Feinkohlen werden unterhalb der Bunker in Höhe der Oberkante der Öfen in die Füllwagen abgezogen und mittels dieser in die Koksöfen gebracht.

Bei der erheblichen Höhe, in der die Oberkante neuzeitlicher Koksöfen liegt, ergibt sich für die Kohlentürme ein 14 bis 15 m hoher Unterbau. Über dem eigentlichen Siloraum ist immer ein Raum für die Verteilung der mit der Beschickvorrichtung herangebrachten Kohle notwendig, außerdem werden sehr häufig über diesem Raum für die Verteilvorrichtung noch Brech- und Klassieranlagen sowie Wasserbehälter angeordnet.

Außer den Silobauten zur Aufbewahrung von Kohle kommt bei der Errichtung von Schachtanlagen auch häufig der Bau von Silos für Berge in Frage, die in der Grube bis zum Abbau der Kohle mitanfällt, oder aber von älteren Halden anderen Zechen zugeführt wird. Während man die Silobauten für Kohle und auch für Koks ganz überwiegend in Eisenbeton ausführt, stellt man Bergebunkeranlagen mit Rücksicht auf die erhebliche Abriebwirkung des Inhalts solcher Bunker, vielfach in Eisenkonstruktion her. Aber auch für Kohle hat man mehrere große Bunker in Eisenkonstruktion errichtet.

Zu den Siloanlagen zählen in gewisser Weise auch die als Zwischenglieder der Förderanlagen häufig notwendigen großen unterirdischen Füllsümpfe, mittels derer Becherwerke zum Heben von Kohle oder sonstigen Stoffen gefüllt werden. Solche unterirdische Bunker bieten an sich in konstruktiver Hinsicht nichts Besonderes, nur ist es bei den vielfach auf den Zechen schwierigen Bodenverhältnissen nicht immer ganz leicht, die Bunker völlig dicht herzustellen. Im Ruhrgebiet stößt man nämlich häufig auf Fließvorkommen. Abgesehen davon, daß ein unvorsichtiges Anschneiden eines Fließvorkommens zur Gefährdung benachbarter Bauwerke führen kann, bieten sich natürlich besondere Schwierigkeiten, wenn es notwendig ist, im Fließ dichte Bauwerke auszuführen.

Die Abmessungen der wichtigsten und größten Hallenbauten jeder Schachtanlage, nämlich der Schachthalle, sind teilweise bedeutend. Bei Spannweiten von im allgemeinen 20 bis 25 m erreichen Schachthallen eine Länge von 100 m und darüber. Der Fußboden der Schachthalle, die Hängebank, liegt im allgemeinen 10 bis 11 m über dem Zechenflur und ist durch die Bewegung der darauf rollenden Förderwagen erheblichen Erschütterungen ausgesetzt.

Die Schachthallen werden ausschließlich in Eisenkonstruktion ausgeführt. Die Hängebank wird durch einen Belag aus eisernen Platten hergestellt. Bei den großen Spannweiten und den verhältnismäßig geringen Lasten dürften diese Hallenbauten auch für immer dem Eisen vorbehalten bleiben. Allerdings hat sich gerade in letzter Zeit eine größere Verwaltung dazu entschlossen, das Gerippe einer Schachthalle ganz in Eisenbeton ausführen zu lassen. Ich lasse es dahingestellt sein, ob dieser Versuch, abgesehen von den erheblichen Mehrkosten, den gewünschten Erfolg haben wird.

Sonstige Hallenbauten, wie Werkstatt, Maschinenhalle und Fördermaschinengebäude, bieten gegenüber andern derartigen Hallenbauten keine Besonderheiten. Es handelt sich im allgemeinen um Massivbauten aus Ziegelmauerwerk mit eisernen Dachbindern. Vereinzelt hat man allerdings auch Hallen in Eisenbetonkonstruktion ausgeführt. Ein großer Teil der Ausführungen derartiger Bauwerke in Eisenbeton dürfte allerdings auf die erhebliche Preisverschiebung zu Gunsten des Eisenbetons während der Inflation zurückzuführen sein, da ja die Zementpreise der Geldentwertung wesentlich zögernder gefolgt sind als die Eisenpreise.

Neben Lohnhallen, die in diesen Ausmaßen bei andern Betrieben wegen der zahlenmäßig wesentlich geringeren Belegschaft kaum vorkommen, aber konstruktiv keinerlei Sonderheiten bieten, ist ein für den Bergbau kennzeichnender Hallenbau die Errichtung der Waschkauen, Abb. 19, die

[2]) Abb. 4 bis 7, 10 bis 13 s. Bildbl. 46. [3]) s. Bildblatt 47.

man in neuerer Zeit überwiegend in Eisenbetonkonstruktion ausgeführt hat. Trotzdem es sich hierbei auch um weitgespannte Hallen handelt, ist die Ausführung in Eisenbeton zweifellos derjenigen in Eisen vorzuziehen. Denn die Dachkonstruktion wird durch die daran aufgehängten Kleideraufzüge nicht unerheblich belastet. Ferner entwickeln sich in der Kleiderhalle durch die unmittelbare Anlehnung der Brauseräume an die Kleiderhalle fast immer trotz sorgfältigster Lüfteinrichtungen große Mengen Schwaden, die die Lebensdauer einer eisernen Dachkonstruktion wesentlich beeinträchtigen können.

Alle elektrisch betriebenen Schachtanlagen ohne Fernversorgung erzeugen den Dampf in großen Kesselhäusern. Wenn auch gerade hierin durch die Entwicklung des Dampfkesselbaues und die Notwendigkeit, auch minderwertige Brennstoffe unter Kesseln verfeuern zu können, in den letzten Jahren große Neubauten entstanden sind, so weichen diese Kesselhäuser doch nicht wesentlich von den Kesselhäusern anderer Betriebe ab. Man führt sie in Eisen- oder in Eisenbetonkonstruktion aus, in geschlossenen Hallen oder aber nur unter der Überdachung der Beschick- und Schüranlage. Einen großen Teil gerade der neuzeitlichen Anlagen hat man ganz überdacht ausgeführt.

Die teilweise außerordentlich umfangreichen Bahnhofs- und Hafenanlagen für Zechenbetriebe weichen von denen für andre Zwecke bestimmten ebenfalls in keiner Weise ab. Desgleichen bieten die sonstigen Gebäude, wie Verwaltungsgebäude und andre Nebenbauten, vom Standpunkt des Ingenieurs nichts Bemerkenswertes, obschon man in der Anordnung des Grundrisses im Sinne der Herausarbeitung bestimmter zweckmäßiger Bauarten gerade in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht hat.

Der bei der Besprechung der Kohlentürme gestreifte Bau der Kokereien bietet neben der Errichtung dieser Kohlentürme für den Bauingenieur ebenfalls keine besonders bemerkenswerten Aufgaben, wenngleich naturgemäß bei einer neuzeitlichen Kokereianlage gerade die Anlagen für Nebenerzeugnisse sehr große Ausmaße haben, Abb. 20[3a]).

Mit Rücksicht auf die später noch zu behandelnden Bergbaueinwirkungen und zur Erzielung einer gleichmäßigen Druckübertragung werden die Koksofenbatterien, wenn nicht besondere Verhältnisse vorliegen, im allgemeinen auf große, etwa 1 m dicke, häufig kräftig bewehrte Eisenbetonplatten gestellt. Besondere Verhältnisse können naturgemäß auch hier zu bemerkenswerten ingenieurtechnischen Aufgaben führen. Bei der Errichtung der Kokerei Bruchstraße der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., wurden z. B. durch die besonders ungünstigen Untergrundverhältnisse ungeheure Fundamente notwendig. Abb. 21 zeigt die Gründungen des Kohlenturms, die man in ganz gleicher Weise auch für die rechts und links anschließenden Batterien durchgeführt hat. Man fand bei der Ausführung der Ausschachtungsarbeiten infolge früherer Kiesgewinnung auf dem in Frage kommenden Gelände den tragfähigen Baugrund erst in erheblicher Tiefe (bis 11,50 m) vor. Die Herstellung von Maschinenfundamenten größten Ausmaßes bietet, da die Berechnung und Ausführung solcher Fundamente, abgesehen von etwaigen Rücksichten auf Bergschadeneinwirkungen, gegenüber den sonstigen Gründungen für große Maschinen keine Besonderheiten.

In letzter Zeit hat man im Ruhrgebiet große Kaminkühler in Massivbau, Abb. 22, errichtet. Der normale Kaminkühler wird auf einem aus Mauerwerk oder in Eisenbetonkonstruktion ausgeführten Fundament mit Tropfbecken in Eisen-Holz-Konstruktion errichtet, d. h. die tragenden Teile sind aus Eisenkonstruktion, die Schalung des Kaminkühlers aus getränktem Holz. Die verhältnismäßig geringe Lebensdauer solcher Kaminkühler und der Zwang, vor allem die Holzverschalung häufig zu erneuern, haben zu bemerkenswerten Versuchen geführt, diese Kaminkühler in Massivkonstruktion zu errichten. Neben reinen Eisenbeton-Kaminkühlern hat man auch mehrere große Kaminkühler in Eisenbeton-Ziegelbauweise errichtet.

Die Mehrkosten solcher Kaminkühler, Abb. 22, und der Kühler, die die Vereinigten Stahlwerke A.-G. auf Zeche Minister Stein ausgeführt haben, gegenüber Kaminkühlern in der bisherigen Ausführung sind so erheblich, daß mir die Wirtschaftlichkeit dieser Bauwerke, obgleich ich selbst eine größere Anzahl zur Durchführung gebracht habe, zweifelhaft erscheint. Bei der schnellen Entwicklung neuzeitlicher Industrieanlagen glaube ich kaum, daß die hohe Lebensdauer solcher Kaminkühler wirtschaftlich ausgenutzt werden kann. Unter Annahme der Notwendigkeit einer zwanzigjährigen Lebensdauer ist ein massiver Kaminkühler jedenfalls noch nicht wirtschaftlich.

Mit der Frage des Kaminkühlerbaus hat sich ganz besonders auch die Firma Dyckerhoff & Widmann, Frankfurt a. M., beschäftigt, die unter Anwendung des Bewehrungsgewebes, das die Firma auch bei ihren Kuppelbauten verwendet, reine Eisenbeton-Kaminkühler mit kreisrunden Schloten ausführt. Nach den Angaben der Firma sind die Kosten solcher Kaminkühler bei zweifellos höherer Lebensdauer nur wenig höher als die für normale.

Einen ganz besonders bemerkenswerten Versuch in dieser Richtung hat die Verwaltung der holländischen Staatsgruben auf der Grube Emma gemacht. Die Kamin-

RZ 1801 Z 22

Abb. 22
Massiver Kaminkühler der Zeche Königsborn der Klöckner-Werke, A.-G., Königsborn.

Eisenbetonrahmenwerk mit doppelter Schalungsausmauerung in Backstein. — Ausführung: Wiemer & Trachte, Dortmund.

RZ 1801 Z 23

Abb. 23
Kaminkühler auf der holländischen Staatsgrube Emma, Heerlen.

Rotationshyperboloide aus Eisenbeton ohne Verstärkungsrippen.

[3a]) Abb. 20 und 21 s. Bildblatt 47.

v. Stegmann: Ingenieurbauten im Bergbau über und unter Tage

Abb. 4
Schachtanlage Erin der Ver. Stahlwerke, A.-G, Castrop-Rauxel.

Erbaut 1926/27. Schachthalle in Eisenkonstruktion, von Dortmunder Union und Aug. Klönne, Dortmund. Maschinelle Einrichtung der Wäsche: Schüchtermann & Kremer-Baum, Dortmund. Bauarbeiten der Wäsche und des 600 m³ fassenden Kohlenturms: Franz Schlüter A.-G., Dortmund.

Abb. 5
Schachtanlage Zollverein der Ver. Stahlwerke, Katernberg.

Einengung der Schachthalle durch die Streben des Fördergerüsts. Betonung des eigentlichen Schachtes durch Höherführen der Schachthalle an den senkrechten Stützen des Fördergerüsts. Eisenkonstruktion: Dortmunder Union, Dortmund.

Abb. 6
Fördergerüst der Zeche Preußen I der Harpener Bergbau-A.-G., Derne bei Dortmund.

Auflösung des gesamten Fördergerüstes in feingliedrige Gitterträger (Sonderausführung auf den Zechen der Harpener Bergbau-A.-G., sogenannte Thomsen-Gerüste).

Abb. 7
Turmförderanlage Schacht IV der Zeche Osterfeld der Gutehoffnungshütte A.-G., Osterfeld i. W.

Erbaut 1923 von der Gutehoffnungshütte A.-G.

Abb. 10
Förderturm und Schachthalle des Schachtes „Emil Kirdorf". Vergl. Abb. 1.

Bewußte Betonung der neuartigen Zweckbestimmung des Turmes, daher auf Verkleidung des Schachtgerüstes verzichtet.

Abb. 11
55 m hohe Eisenbetonfördertürme auf der holländischen Staatsmine Maurits.

Statisch bestimmte Dreipunktlagerung. Ausführung: Allgemeene Beton Co., Haag (Franz Schlüter A.-G., Dortmund).

Abb. 12
Zeche Sachsen, Heesen bei Hamm, der Mansfeldschen Steinkohlenbergwerke.

Alle konstruktiven Teile der Kohlenwäsche und Schachthalle in schalungsrauhem Beton, ausgemauerte Zwischenfelder. — Ausführung: Heinrich Butzer.

Abb. 13
Kohlenwäsche der Zeche Recklinghausen der Harpener Bergbau-A.-G.

Unterbau und Bunker in Eisenbeton, Aufbau: Eisenkonstruktion, durchgehende Lichtbänder. — Eisenbetonkonstruktion: Heinrich Butzer, Dortmund.

v. Stegmann: Ingenieurbauten im Bergbau über und unter Tage

Abb. 14
Feinkohlenturm der Großkokerei Hansa der Ver. Stahlwerke A.-G., Dortmund-Huckarde.

Fassungsvermögen 6000 t. Über der oberen Beschickungsanlage Wasserbehälter von 900 m³. Beschickung des Turmes durch Förderbänder. Turm ist von 14 m Höhe ab ganz in Klinkern verblendet. Möglichst geschlossene Baumasse angestrebt. Betonung der tragenden Rippen des Großraumbunkers durch Lisenen. — Bauausführung: Wayß & Freytag A.-G.

Abb. 15
Feinkohlenturm der Großkokerei Alma-Pluto der Ver. Stahlwerke, A.-G., Gelsenkirchen.

Die senkrechten Rippen des eigentlichen Bunkerraumes sind über dem Bunker als Dreiecke hochgezogen, um den schrägen Anschluß des Bunkers an die den oberen Abschluß des Gebäudes bildende Beschickungsbühne verschwinden zu lassen. — Ausführung: Hochtief A.-G., Essen.

Abb. 17
Feinkohlenturm der Zeche Hannibal der Firma Fried. Krupp A.-G.

Starke Betonung der Rippen des Bunkerraumes. Großes Ausmaß des Aufbaues über dem eigentlichen Bunkerraum (Fassungsvermögen 2800 t) durch Anordnung der Desintegratoren in Verbindung mit der Beschickung. — Ganz schalungsrauher Beton, Ausführung: Wayß & Freytag A.-G.

Abb. 16
Kohlenwäsche und Feinkohlentürme von 600 und 2500 m³ Fassungsvermögen auf der Schachtanlage Erin der Ver. Stahlwerke, Castrop.

Anstrebung geschlossener Baukörper. — Eisenbetonarbeiten: Franz Schlüter A.-G., Dortmund.

Abb. 18
Feinkohlenturm der Kokerei Bruchstraße der Ver. Stahlwerke, A.-G., Langendreer (Fassungsvermögen 3800 t).

An den Kohlenturm angelehnter Schlot der Löschanlagen. — Schalungsrauher Eisenbeton — Ausführung: Hochtief A.-G. Wenig glückliche Anordnung der schrägen Transportbänder.

Abb. 20 (links)
Anlagen für Nebenerzeugnisse der Großkokerei Alma-Pluto der Ver. Stahlwerke A.-G., Gelsenkirchen.

Starke Gliederung des Baukörpers, um die wesensverschiedene Zweckbestimmung der Gebäude zu betonen. — Ausführung: Hochtief A.-G., Essen.

Abb. 21 (rechts)
Gründungen des Feinkohlenturms der Kokerei Bruchstraße der Ver. Stahlwerke A.-G., Langendreer.

Das Bauwerk wurde auf einer früheren Kiesgrube errichtet, daher außerordentlich umfangreiche Fundierungsarbeiten notwendig.

kühler, Abb. 23, sind nach Angaben von Prof. van Itersum, Leiter der Tagesanlagen der holländischen Staatsgruben, ausgeführt.

Beim Abbau der Kohle entstehen unterirdische Hohlräume. Diese Hohlräume werden zwar durch Versatz mit Steinen oder Sand wieder ausgefüllt. Trotzdem bewirken sie naturgemäß, daß, da der Versatz niemals die Dichte der vorher anstehenden Kohle erreicht, ein Zusammenbrechen des Gebirges eintritt. Trotz der erheblichen Tiefe, in der im allgemeinen im Ruhrgebiet der Abbau der Kohle vor sich geht, und trotz der großen Mächtigkeit des über der Kohle anstehenden Deckgebirges wirkt sich dies Nachbrechen des Gebirges in weitgehendem Umfang auf die Tagesoberfläche aus. Das Gelände, unter dem man bergbaulichen Abbau ausführt, sinkt im Laufe der Zeit nicht unerheblich nach.

Durch das Nachsinken entstehen erhebliche Einwirkungen auf die Vorflutverhältnisse. Man muß daher mit Rücksicht auf den Bergbau alle Vorfluter besonders ausbauen, da sie an sich schon erhebliche Abwassermengen, die die zahlreichen industriellen Anlagen des Ruhrgebietes in die Vorfluter senden, aufnehmen müssen. Der Hauptvorfluter des wesentlichen Teils des Ruhrgebietes ist die Emscher[3b]. Beim Ausbau der Emscher und ihrer Zuflüsse muß daher auf spätere Absenkungen durch den Bergbau weitgehend Rücksicht genommen werden.

[3b] Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 23 S. 767.

Abb. 24
Füllort des Schachtes „Emil Kirdorf" der Zeche Minister Stein der Vereinigten Stahlwerke.
Gutstehendes Gebirge. Ausmauerung in Backsteinen.

Abb. 25
Streckenausbau auf Zeche Königsborn der Klöckner-Werke
Betonblocksteinbauweise mit Holzquetschfugen zwischen allen Steinen.

Die Verformung der Erdoberfläche infolge bergbaulicher Einwirkung wirkt sich je nach der Lage des in Frage kommenden Geländes zum unterirdischen Abbau in Form eines Senkungs-, Pressungs- oder Dehnungsvorganges aus. Sofern Bauwerke voraussichtlich diesen Einwirkungen ausgesetzt sind, muß bei ihrer Errichtung hierauf unbedingt Rücksicht genommen werden.

Der absoluten Absenkung von Bauwerken, die, wie z. B. Eisenbahnbrücken, in einer bestimmten Lage zum Schienenkörper gehalten werden müssen, begegnet man durch vorsorgliche Verbreiterung der Fundamente, die man später erhöhen kann. Man ordnet weiterhin bei Bauwerken, die bergbaulichen Einwirkungen unterliegen, in gewissen Abständen Trennungsfugen an, die eine Bewegung des Bauwerks gestatten, ohne seine Standsicherheit zu gefährden. Im übrigen bemüht man sich auch, gewöhnliche Wohnhäuser als möglichst starre Körper auszuführen. Dies wird neben einer weitgehenden Anwendung von möglichst bis an das Äußere der Gebäude gezogenen Eisenbetondecken durch Ausführung eisenarmierter Betonbankette unter allen tragenden Mauern der Häuser erreicht.

Wenn die Art und die Wichtigkeit der Gebäude es erfordern, stellt man ganze Bauwerke auch auf möglichst biegungsfeste Fundamente, die man als durchgehende bewehrte Platten und auch als aufgelöste Rippenplatten, ein System von Rippen oder Vierendeelträgern, ausführt. Bei der statischen Berechnung solcher Platten nimmt man an, daß das Fundament infolge teilweisen Absinkens des Bodens das Bauwerk auch noch bei freier Auskragung einer gewissen Länge zu tragen vermag und bei Absinken unter der Mitte imstande ist, das Bauwerk über gewisse Spannweiten frei zu tragen.

Wie weit solche Annahmen bei den später in Wirklichkeit eintretenden Verhältnissen eine Rolle spielen, ist vielfach schwer zu sagen. Bei der Sicherung sind naturgemäß auch die erheblichen Kosten, die die Fundamente erfordern, von Einfluß. Es würde zu weit führen, auch auf alle Einzelheiten dieses für das Ruhrgebiet wichtigen Gebietes des Bauingenieurwesens im einzelnen einzugehen. Auch die Anordnung von Dreipunktlagerungen, sogar von Hebevorrichtungen für Bauwerke, die sich durch Bergbaueinwirkung schief gestellt haben, kommt in Frage.

Neben der Einwirkung auf Vorfluter und Bauwerke können bergbauliche Einwirkungen auch auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Grundstücke auftreten.

Die durch solche Einwirkungen dem Bergbau, der auf Grund des Berggesetzes zum Ersatz der Schäden verpflichtet ist, erwachsenden Kosten sind naturgemäß groß und können die Wirtschaftlichkeit einer ganzen Schachtanlage gefährden. So haben z. B. bergbauliche Einwirkungen, und zwar Pressungserscheinungen, eine Betonstützmauer fast vollkommen zerstört, Erscheinungen, die man überall in Bergbaubezirken beobachten kann.

Anlagen unter Tage

Verhältnismäßig unbekannt ist das Gebiet der Mitwirkung des Bauingenieurs beim Abbau unter Tage. Die unterirdischen Bauarbeiten, die beim Bergbau notwendig sind, können sehr umfangreich sein. Bei dem Füllort[4] der Schachtanlage Minister Stein, Abb. 24, genügte, da es sich nicht um besonders druckhaftes Gebirge handelt, eine Ausmauerung in Backsteinen.

Beim Ausbau aller unterirdischen Hohlräume, insbesondere der für die Förderung wichtigen Strecken und der Querschläge, treten infolge Abbaues unter oder über diesen Strecken oder wegen der besonderen Struktur des Gebirges, in dem der Abbau ausgeführt wird, starke Druckerscheinungen auf. Während man früher versucht hat, allein mit den Mitteln des bergmännischen Ausbaues, d. h. mit Mauerung, Holz- und Eisenausbau, diesen Drücken zu begegnen, hat sich hier dem Bauingenieur in den letzten Jahren, beginnend mit der vermehrten Einführung der Eisenbetonbauweise, ein auch wirtschaftlich lohnendes Arbeitsgebiet erschlossen. Der Umfang der auftretenden Drücke ist durchaus unbekannt und kann nur annähernd bestimmt werden.

[4] Füllort nennt der Bergmann den unterirdischen Bahnhof am Schacht, wo die Förderwagen mit der geförderten Kohle zur Förderung über Tage am Schacht zusammenlaufen.

Abb. 26
Grubenausbau in Eisenbeton mit Dreigelenkbogen nach Bauart Walter-Henkel.

Abb. 27
Eisenbetonausbau eines Kreuzungsbauwerkes auf der Zeche Königsborn der Klöckner-Werke A.-G., Königsborn.
Betonblocksteinbauweise in Verbindung mit starrem Eisenbetonbau des Kreuzungspunktes. — Ausführung: Franz Schlüter A.-G., Dortmund.

Anfänglich hat man versucht, durch stark bewehrte Betonauskleidungen, die unmittelbar an den Gebirgstoß anliegend eingebracht wurden, diesen Drücken zu begegnen. In letzter Zeit ist man von diesem starren Ausbauverfahren abgegangen und zu mehr elastischen Bauarten übergegangen, wenngleich auch heute noch mehrere teilweise auch gut bewährte starre Ausbauarten angewendet werden.

Die meisten Ausbauarten gehen aber von der Annahme aus, daß man dem Ausbau eine gewisse Verformungsmöglichkeit geben müsse, wenigstens so weit, bis der Gebirgsdruck annähernd zur Ruhe gekommen ist. Man erreicht eine Verformungsmöglichkeit durch Verwendung verhältnismäßig kleiner Bauelemente und Einschaltung von Quetschfugen aus Holz. Grundsätzlich gemeinsam ist allen neuzeitlichen Ausbauarten, daß der Ausbau der Länge nach in meist nicht mehr als 50 cm lange Teile zerlegt wird, so daß sich die einzelnen Ringe eines solchen Ausbaues gegeneinander verschieben können.

Der Querschnitt der Ausbauten ist je nach den vorliegenden Druckverhältnissen verschieden. Schwersten Drücken begegnet man mit einem kreisrunden Ausbau, während bei mittleren Drücken ein überhöhter Tunnelquerschnitt etwa elliptisch oder parabolisch mit oder ohne Sohlenausbau genügt. Der Querschnitt folgt in jedem Falle möglichst der vermutlichen Stützlinie.

Abb. 28
Füllort mit Betonauskleidung der deutschen Solvay-Werke, Abt. Borth.
Ausführung: Wayß & Freytag A.-G., Düsseldorf.

Während bei dem Ausbau nach der Bauart Schäfer, Essen, die Holzquetschfugen nur in gewissen Abständen angeordnet werden, wird beim Ausbau der Firma Schlüter, Abb. 25, zwischen allen im einzelnen wesentlich größeren Bausteinen eine Holzquetschfuge angeordnet.

Neben diesen stark elastischen Ausbauten wendet man auch an sich starrere Betonausbauten, z. B. nach der Bauart Walter-Henkel, Abb. 26, an, in diesem Falle Eisenbetonelemente als Dreigelenkbogen. Die einzelnen Ausbauarten vermeiden über oder unter Tage hergestellte größere Elemente des Eisenbetonbaues.

Die Frage, welche der zur Zeit gebräuchlichsten Ausbauarten die praktischste und wirtschaftlich beste sei, ist natürlich stark umstritten. Die Erfahrungen weichen teilweise weit voneinander ab. Alle Bauarten des beweglichen und des starren Ausbaues wendet man aber mit Erfolg an.

Die Kosten der Ausbauten sind selbstverständlich hoch. Ob es wirtschaftlich vertretbar ist, die Kosten aufzuwenden, ist eine reine Rechenaufgabe. Die Anwendung einer Betonausbauart ist dann wirtschaftlich richtig, wenn die aufgewandten Kosten geringer sind als die Kosten, die man für mehrmaliges Durchbauen mit gewöhnlichen Ausbauarten aufwenden müßte. Wichtig für die Beurteilung einer Ausbauart ist der Umstand, daß es bei wirklich schweren Drücken kaum möglich sein dürfte, einen für die Dauer beständigen Ausbau zu schaffen, daß also nach Ablauf einer gewissen Zeit ein Entfernen und Neuherstellen des Ausbaues möglich sein muß. Abb. 27 und 28 zeigen unter Tage hergestellte zusammenhängende Eisenbetonkonstruktionen, und zwar die Kreuzung zweier Strecken auf der Zeche Königsborn, Abb. 27, und eine reine Eisenbetonauskleidung eines Füllortes, Abb. 28.

Auch beim Schachtausbau wendet man neben der für normale Verhältnisse gebräuchlichsten Ausführung in Mauerwerk und der bisher für schwierige Verhältnisse vorwiegend ausgeführten Auskleidung mit gußeisernen Tübbings in vielen Fällen reinen Eisenbetonbau oder aber eine Verbindung von Tübbings mit Eisenbeton erfolgreich an.

Die Schönheit bergbaulicher Anlagen.

Ebenso wie es abwegig ist, wenn der Bau- und Maschineningenieur ohne jede Rücksicht auf die äußere Wirkung der von ihm geschaffenen Bauwerke konstruiert, ist es falsch, wenn ein Architekt, sofern er für die äußere Gestaltung hinzugezogen wird, aus rein ästhetischen Erwägungen heraus praktisch und wirtschaftlich nicht vertretbare Forderungen aufstellt. Die Mitwirkung des Architekten darf nicht darin bestehen, daß er einem durch den Ingenieur geschaffenen Bauwerk nachträglich eine äußere Gestaltung gibt. Bei der Schaffung neuzeitlicher Industriebauten ist es vielmehr unerläßlich, daß der Maschineningenieur, der Bauingenieur und der Architekt vom Zeitpunkt der ersten Planung an verständnisvoll zusammenarbeiten. Von dem Architekten muß man, damit diese Zusammenarbeit auch wirklich erfolgreich sein kann, verlangen, daß er eine möglichst gründliche Kenntnis der praktischen und technischen Voraussetzungen der Aufgaben aufweist, die es zu erfüllen gilt. Er soll ver-

suchen, nicht durch formale Gestaltung, sondern durch große einfache und klare Massenwirkungen zu wirken. Sehr viele Architekten überschätzen die Bedeutung formaler Einzelheiten beim Industriebau erheblich. Man muß sich immer darüber klar sein, daß die meisten industriellen Bauwerke schon allein durch ihre großen Massen wesentlich auf Fernwirkung berechnet sind.

Man soll sich ferner darüber klar sein, daß sehr häufig reine ingenieurmäßig bedingte Bauwerke, wie Behälter, Schornsteine, Kaminkühler, große Rohrleitungen usw., für den Gesamteindruck einer industriellen Anlage mindestens in dem gleichen Maß bedeutungsvoll sind wie die ästhetische Gestaltung eines in seinen Ausmaßen häufig gegen diese rein technischen Bauwerke erheblich zurücktretenden Gebäudes. Für den ästhetischen Gesamteindruck einer industriellen Anlage ist vielfach eine wohl abgewogene Anordnung der rein ingenieurmäßig bedingten Bauwerke viel wichtiger als eine im einzelnen noch so gelungene formale Ausbildung reiner Hochbauwerke.

Der Architekt muß sich endlich vor Augen halten, daß er reine Zweckbauten errichtet, bei denen es noch mehr als bei sonstigen Bauwerken des reinen Hochbaues verboten ist, formalen Modetorheiten nachzugeben.

Wenn man schon bei einem Theater oder bei einem Wohnhause Formen, die unter dem beherrschenden Einfluß einer Modeströmung entstanden sind, nach wenigen Jahren nicht mehr ertragen kann, so trifft dies in ganz besonderem Umfange für industrielle Zweckbauten zu. Es wirkt seltsam, wenn man Stätten ernster Arbeit mit Jugendstil, Schnörkeln oder übertriebenen Ausgeburten der sogenannten neuen Sachlichkeit, verziert. Sehr vielfach verbirgt sich hinter einer übertriebenen Anwendung formaler Gestaltungsmittel nur eine unzulängliche Gestaltungskraft. Ein wirkliches Gestaltungsvermögen schafft aus den Bedingungen und Voraussetzungen des Bauwerks heraus und nicht mit formalen Kleinigkeiten.

Die Vielseitigkeit baulichen Schaffens hat, wie auf anderen Gebieten, auch im Bauwesen zu weitgehender Spezialisierung geführt. Bei der Errichtung eines Industriebaues ist außer den Bauspezialisten auch noch die Arbeit des Maschineningenieurs richtunggebend. Es stehen also der Schaffung eines wirtschaftlich, technisch und ästhetisch gleich gelungenen Bauwerkes beträchtliche Schwierigkeiten entgegen. Trotzdem können diese Schwierigkeiten bei ernsthaftem Willen und verständnisvollem Zusammenarbeiten des Maschinenbauers, des Bauingenieurs und des Hochbauers wohl überwunden werden. [B 1801]

Wirkungsgrad des Gleichdruck-Kreisprozesses

Von Ing. St. Golczewski, Lemberg

Die klassische Thermodynamik gibt folgende Formel für den Wirkungsgrad des Gleichdruck-Kreisprozesses unter der Annahme eines idealen Gases als Wärmeträger:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\varkappa - 1}} \frac{\varphi^{\varkappa} - 1}{\varkappa(\varphi - 1)} \quad \ldots\ldots \quad (1).$$

Hierin ist ε das Verdichtungsverhältnis, $\varkappa$ der Exponent der Adiabate und $\varphi = \frac{T_3}{T_2}$, wobei T_3 und T_2 die absoluten Temperaturen des Gases in den Zuständen *3* und *2* nach Abb. 1 bedeuten.

Gl. (1) besagt unmittelbar, daß der thermische Wirkungsgrad des Gleichdruckmotors mit steigendem Verdichtungsverhältnis und Exponenten $\varkappa$ zunimmt, ferner mittelbar, daß vermehrte Wärmezufuhr den Wirkungsgrad vermindert. Damit sind jedoch nicht alle an den Gleichdruck-Kreisprozeß gebundene Fragen gelöst, insbesondere nicht die Frage der Abhängigkeit des Wirkungsgrades von den absoluten Werten physikalischer Größen des Prozesse. Um diese Frage zu klären, leitet man eine Formel für den Wirkungsgrad ab, die nur auf einen bestimmten Zustand des Prozesses bezogene Größen enthält. Als dieser Zustand sei der Anfang der Verdichtung, Punkt *1* in Abb. 1, angenommen.

Der Wirkungsgrad jedes thermodynamischen Verfahrens ist

$$\eta = \frac{A\,L}{Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2),$$

worin A das mechanische Wärmeäquivalent, L die geleistete Arbeit und Q die zugeführte Wärmemenge bedeutet. Man hat hier für L die Arbeit des theoretischen Gleichdruckprozesses in eigentlichen Größen ausgedrückt einzusetzen.

Es seien:

L_{12}, L_{23} und L_{34} die in den einzelnen Stufen des Prozesses nach Abb. 1 vom Wärmeträger verrichteten Arbeiten,

c_p die spezifische Wärme bei konstantem Druck,

c_v die spezifische Wärme bei konstantem Volumen,

T_1 die absolute Temperatur im Zustand *1*.

Dann ist:

$$L_{12} = -\frac{c_v}{A} T_1 (\varepsilon^{\varkappa - 1} - 1) \quad \ldots\ldots \quad (3),$$

$$L_{23} = \frac{Q}{A}\left(1 - \frac{1}{\varkappa}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4),$$

Abb. 1
Arbeitsdiagramm des Gleichdruckprozesses.

$$L_{34} = \frac{c_v}{A}\left(\frac{Q}{c_p} + T_1\,\varepsilon^{\varkappa - 1}\right)\left[1 - \left(\frac{Q}{T_1}\frac{1}{c_p\,\varepsilon^{\varkappa}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{\varkappa - 1}\right] \quad (5).$$

Setzt man in Gl. (2)

$$L = L_{12} + L_{23} + L_{34}$$

ein, so ergibt sich für den Wirkungsgrad des Gleichdruck-Kreisprozesses

$$\eta_{th} = 1 - \left[\left(\frac{1}{\varkappa} + \frac{T_1}{Q} c_v\,\varepsilon^{\varkappa - 1}\right)\left(\frac{Q}{T_1}\frac{1}{c_p\,\varepsilon^{\varkappa}} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{\varkappa - 1} - \frac{T_1}{Q} c_v\right] (6).$$

Die Formel läßt erkennen, daß sich der thermische Wirkungsgrad des Gleichdruckmotors auch mit T_1 ändert, und zwar entgegengesetzt wie mit der zugeführten Wärmemenge Q, daß er also mit höherer Temperatur T_1 gesteigert wird. Ferner zeigt Gl. (6), daß η_{th} von anderen Größen des Zustandes *1* nicht abhängt.

Dieser günstige Einfluß höherer Anfangstemperatur der Verdichtung läßt sich bei den gängigen Gleichdruckmotoren kaum verwerten, da dies kostspielige Einrichtungen fordern würde. Immerhin sei folgendes Zahlenbeispiel angegeben: für $\varepsilon = 14$, $\varkappa = 1{,}35$, $c_p = 0{,}270$ kcal/kg °C und $Q = 300$ kcal/kg ergibt Gl. (6) mit $T_1 = 325°$ abs den thermischen Wirkungsgrad $\eta_{th} - 0{,}5271$, mit $T_1 = 425°$ abs dagegen $\eta_{th} = 0{,}5425$. [B 1835]

Die Temperaturverteilung in der Azetylen-Schweißflamme

Von F. Henning und C. Tingwaldt, Charlottenburg[1])

Die Temperaturverteilung in der Azetylen-Sauerstoff-Flamme wird nach der Kurlbaumschen Methode der Spektrallinienumkehr ermittelt. Als Höchsttemperatur ergab sich rd. 3400° abs.

Über die Temperatur der Azetylen-Sauerstoff-Flamme liegen bisher wenig Untersuchungen vor, und keine von diesen hat das Problem so weit gelöst daß es unnötig wäre, sich von neuem damit zu beschäftigen.

In den technisch interessierten Kreisen sind zweifellos die Zahlen wohlbekannt, die Kautny[2]) mitteilt. Leider fehlen alle Angaben über die Herkunft dieser Temperaturen. Bekannt ist auch wohl die Angabe von Ludwig[3]) über die Flammentemperatur des Azetylen-Schweißbrenners. Sie beruht auf Beobachtungen Kurlbaums, wie es scheint nach der Methode der Linienumkehr, obwohl dies nicht sicher zu entnehmen ist. Auch einige mittelbare Bestimmungen der Flammentemperatur auf thermodynamischer Grundlage haben keine zuverlässigen Werte geliefert.

Als der Fachausschuß für Schweißtechnik auf diese Sachlage aufmerksam machte, hat sich der Vortragende bereiterklärt, eine umfassende Neubestimmung der Flammentemperatur des Azetylen-Sauerstoff-Brenners vorzunehmen. Er ist dem Verein deutscher Ingenieure und besonders auch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zu lebhaftem Dank für die ihm hierbei gewährte geldliche Unterstützung verpflichtet und nur etwas in Sorge darüber, ob die erzielten Ergebnisse auch den gehegten Erwartungen entsprechen.

Eine Flamme ist für physikalische Messungen stets ein schwieriger Gegenstand, da in ihrem Innern große Temperaturunterschiede in verhältnismäßig geringen Abständen auftreten. Aber die Temperaturmessung an der Azetylen-Sauerstoff-Flamme ist besonders schwierig. weil die Temperatur höher ist als die Schmelzpunkte der meisten Stoffe und weil es also nicht möglich scheint, die Temperatur der verschiedenen Flammenschichten aus der Lichtstrahlung eines in die Flamme eingeführten Drahtes zu ermitteln. Es bleibt daher nur übrig, die Eigenstrahlung der Flamme zur Temperaturmessung zu benutzen oder, da sie im sichtbaren Gebiet praktisch gar kein Licht aussendet, sie zu färben und aus einer ihr aufgezwungenen Energiestrahlung auf die Temperatur zu schließen.

Diese Methode hat aber einen grundsätzlichen Nachteil, auf den gleich aufmerksam gemacht werden muß. Da jede Gasmasse gerade diejenigen Strahlen, die sie aussendet, auch verschluckt, so bleibt es stets zweifelhaft, aus welcher Schichttiefe die gerade beobachtete Strahlung kommt. Eine bestimmte Stelle für die Herkunft der Strahlung läßt sich auch deswegen nicht angeben, weil die gemessene Energie aus verschiedenen Schichttiefen stammt und eine Art Mittelwert darstellt. Die vordersten Schichten werden in diesem Mittelwert bevorzugt, weil von ihrer Strahlung am wenigsten absorbiert wird, und die heißesten Schichten, weil sie die größte Energie aussenden.

Wenn man in eine nichtleuchtende Flamme, Abb. 1, etwa an ihrem Rande bei a eine Salzperle einführt, so wird die Flamme bis auf einen verhältnismäßig kleinen (nicht schraffierten) Teil gefärbt. An der Grenze a–b erscheint die Färbung am stärksten, besonders in der Nähe von a; hier findet ein schroffer Übergang zu dem nicht gefärbten Teil statt, während die Färbung auf der andern Seite der Grenze nach und nach immer schwächer wird. Läßt man nun einen Lichtstrahl in Richtung I auf das Meßgerät fallen, so kann man erwarten, daß die Energie wesentlich aus den kälteren Schichten vom Rande der Flamme stammt, während ein Lichtstrahl in Richtung II fast ausschließlich die Energie von der Grenzschicht a–b, d. h. vom heißeren Teil der Flamme übermittelt.

Abb. 1
Gefärbte Flamme.

a Salzperle
a–b Grenze der stärksten Färbung

In der Tat ergeben die Beobachtungen, daß die Flamme, in Richtung I gemessen, weniger heiß zu sein scheint als in Richtung II. Im folgenden wird bei Beobachtung in Richtung I die Flamme als „vorn" (d. h. nach der Seite des Meßgerätes zu) gefärbt, bei Beobachtung in Richtung II als „hinten" (d. h. auf der vom Meßinstrument abgewandten Seite) gefärbt bezeichnet. Färbt man die Flamme zugleich vorn und hinten, so findet man in jedem Fall nur die verhältnismäßig geringe Strahlungsenergie der Randgebiete. Auch für die natürliche Strahlung der ungefärbten Flamme im Gebiet der ultraroten Wellen gelten dieselben Verhältnisse wie für die beiderseits gefärbte Flamme.

Die Strahlungsenergie E eines heißen Gases reicht aber für sich allein nicht aus, um die Temperatur zu ermitteln; man muß auch das Absorptionsvermögen A des Gases an derselben Stelle und bei derselben Wellenlänge λ beobachten, um dann nach dem Kirchhoffschen Gesetz das Verhältnis E/A gleich der Strahlungsenergie E_s eines schwarzen Körpers von der gesuchten Temperatur T setzen zu dürfen. Da E_s als Funktion von T durch theoretische und experimentell wohl bestätigte Berechnungen bekannt ist, so ist hiermit die Aufgabe im wesentlichen gelöst. Ist die Strahlungsenergie E ebenso groß wie die unter sonst gleichen Bedingungen gemessene Strahlungsenergie eines schwarzen Körpers von der Temperatur S, so gilt

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{\lambda}{c} \ln A .$$

Findet die Strahlung nur in sehr engen Spektralbereichen statt, wie bei einer durch Salze gefärbten Flamme, so lassen sich die Größen E und A nicht leicht nach dem gewöhnlichen Verfahren beobachten. Man bedient sich dann zweckmäßig der von Kurlbaum zum erstenmal bei der nicht leuchtenden Bunsenflamme erprobten Versuchsanordnung der Spektrallinienumkehr, Abb. 2. Das von der Flamme f ausgesandte Licht (Energie E) fällt durch die Linse l_1 auf das Spektrometer s und erscheint im Okular o als Spektrallinie. Die Absorption der Flamme tritt dadurch in die Erscheinung, daß in dem kontinuierlichen Spektrum des Kraters der Bogenlampe b, dessen Bild durch die Linse l_2 auf die Flamme und durch Vermittlung der Linse l_1 ebenfalls auf das Spektrometer geworfen wird, gerade an der Stelle eine Lücke entsteht, die der Emissionslinie der

Abb. 2
Kurlbaumsche Anordnung für die Messung von Flammentemperaturen.

a Schweißbrennerr
b Bogenlampe
l_1, l_2 Linsen
f Azetylenflamme
s Spektrometer
o Okular
g Li-Salz-Perle

[1]) Vorgetragen von F. Henning in der Fachsitzung für Schweißtechnik der 67. Hauptversammlung des V.d.I., Essen 1928.
[2]) Leitfaden für Azetylen-Schweißer, Halle 1925.
[3]) Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin, 1912.

Flamme entspricht. Die Lücke verschwindet nur dann, wenn die Flamme ebensoviel Eigenlicht bei der betreffenden Wellenlänge aussendet, wie sie von dem Bogenlampenlicht verschluckt.

Überwiegt die vom Eigenlicht ausgesandte Energie, so erscheint die Spektrallinie hell, überwiegt die verschluckte Energie, so erscheint die Spektrallinie dunkel. Im Falle des Gleichgewichtes, bei der sogenannten Umkehr der Spektrallinien, ist die Eigenstrahlung E der Flamme, vermehrt um den Bruchteil D der von der Flamme hindurchgelassenen Energie E_b der Bogenlampe, ebenso groß wie die Strahlungsenergie der Bogenlampe, wenn die Flamme gar nicht vorhanden wäre. Es gilt also

$$E + D\,E_b = E_b \quad \text{oder} \quad E = (1 - D)\,E_b\,.$$

Nun ist bei Vernachlässigung des äußerst kleinen Reflektionsvermögens der Flamme $1 - D = A$, so daß man $E/A = E_b$ erhält. Nach dem Kirchhoffschen Gesetz ist also die von der Bogenlampe ausgehende Strahlung ebenso groß wie die Strahlung eines schwarzen Körpers, der die Temperatur der Flamme hat. Besondre Versuche haben ergeben, daß durch die Vernachlässigung des Reflexionsvermögens ebenso wie durch die färbenden Salzdämpfe kein merklicher Fehler in der Temperaturbestimmung verursacht wird.

Notwendig ist, daß die Strahlungsintensität des Bogenlampenlichtes unter denselben Bedingungen gemessen wird, unter denen dieses Licht auf die Flamme trifft, d. h. nachdem es bereits durch die Linse l_1 gegangen ist. Es müssen also die Absorptionsmittel in Rechnung gesetzt werden, die man zweckmäßig zwischen der Bogenlampe und der Linse l_2 anordnet, um die Umkehr der Spektrallinien zu erzielen. Läßt man die Bogenlampe frei strahlen, so erscheint auch dann, wenn ihr Licht durch die heißeste Stelle der Azetylen-Sauerstoffflamme dringt, die der Flammenfärbung entsprechende Spektrallinie dunkel. Um sie zum Verschwinden zu bringen oder sie hell hervortreten zu lassen, muß man das Licht der Bogenlampe schwächen.

Hierzu dienten ein umlaufender Sektor mit verstellbarer Öffnung oder Glasplattensätze, deren Durchlässigkeit zuvor besonders ermittelt war. Es war ein günstiger Umstand, daß die Helligkeit der Bogenlampe ausreichte. Flammentemperaturen, die um 200 oder 300 ° höher als die der Azetylen-Sauerstoff-Flamme sind, könnte man in der beschriebenen Meßanordnung nicht mehr messen. Man müßte dann die gewöhnliche Bogenlampe durch eine bei Überdruck brennende Bogenlampe oder durch das Sonnenlicht ersetzen, Forderungen, die eine starke experimentelle Belastung bedeuten würden.

Die gesuchte Temperatur T berechnet man nach der Gleichung

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} - \frac{\lambda}{c} \ln D_b\,,$$

wenn S die schwarze Temperatur des positiven Kraters der Bogenlampe bei der Wellenlänge λ der Flammenfärbung und D_b die Durchlässigkeit der Mittel bedeutet, durch die man das Licht der Bogenlampe dringen lassen muß, um die Linien umzukehren. Bei der Wellenlänge des roten Lithiumlichtes $\lambda = 0{,}671\,\mu$ wurde für die verwendete Reinkohle $S = 3545 + 273 = 3818$ ° abs gemessen. Durch eine Glasplatte ($D_b = 0{,}9$) wurde die Helligkeit so herabgesetzt, daß die Temperatur um etwa 70 ° niedriger war. Als Meßgenauigkeit einer einzelnen Beobachtung kann etwa 30 bis 40 ° angegeben werden. Diese Zahl, die der leicht interpolierbaren Hälfte der Lichtschwächung durch eine Glasplatte entspricht, dürfte etwa diejenige Genauigkeit bedeuten, die man von der Temperaturmessung an einer so heißen Flamme fordern kann.

Für die Färbung der Azetylen-Sauerstoff-Flamme erwies sich Lithiumkarbonat am günstigsten. Es wurde auf einer kleinen Platinschaufel, Abb. 1, dicht über der Düse des Brenners an den äußersten Rand der Flamme gebracht und verbreitete sich von hier aus leicht über den größten Teil der Flamme. Natriumsalze kamen nicht in Frage, weil sie bereits in dem Licht der Bogenlampe leuchten, also schon hier eine zahlenmäßig nicht bekannte Schwächung der Vergleichstrahlung verursachen. Hervorgehoben sei, daß für die angewandte Methode nur sogenannte Resonanzlinien in Frage kommen, d. h. solche Spektrallinien, bei denen im Emissionsvorgang genau der umgekehrte Energieübergang stattfindet wie im Absorptionsvorgang. Andernfalls ist es nicht erlaubt, das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz anzuwenden.

Von den Beobachtungsergebnissen seien zunächst einige Zahlen angeführt, aus denen ersichtlich ist, welche Temperaturunterschiede bei Färbung der Flamme von vorn und von hinten gemessen wurden.

Zahlentafel 1
Ergebnisse der Messungen

Höhe der Meßstelle über der Düse mm	gefärbt vorn °C	gefärbt hinten °C	Unterschied hinten/vorn °C
22	2721	3043	322
30	2584	2987	403
50	2527	2721	194
60	2445	2527	82

Hiernach betragen die Unterschiede in der Nähe der Düse 300 bis 400 °, während sie mit zunehmender Höhe geringer werden. Der Grund kann darin liegen, daß die Temperaturunterschiede dort, wo die Flamme breiter ist und die Flammengase bereits stark durchmischt sind, allmählich verschwinden, oder daß infolge der gleichmäßigeren Verteilung der Salzdämpfe die Unterschiede bei der Färbung vorn und hinten mehr und mehr zurücktreten. Die Zahlen gelten für Punkte in der Mittellinie der Flamme. Dasselbe gilt für die in Abb. 3 dargestellten Beobachtungen, die sich im übrigen auf die Färbung der Flamme von hinten beziehen und die höchsten Temperaturen enthalten, die in einem gegebenen Abstand über der Düse des Brenners gemessen wurden. Die heißeste Stelle lag unter üblichen Bedingungen etwa 3 mm oberhalb des hellen Kernes der Flamme; ihre Temperatur betrug $3128 + 273 = 3401$ ° abs, während in unmittelbarer Nachbarschaft des Kernes die Temperatur um rd. 30 bis 40 ° niedriger war.

Über die Temperaturen, die man erhält, wenn man die Flamme an verschiedenen Stellen einer Linie senkrecht zur Mittelachse durchstrahlt, geben Abb. 4 bis 7 Aufschluß. Man kann daraus nur folgern, daß im wesentlichen die Temperaturen von der Mittellinie aus nach beiden Seiten gleichförmig abfallen. Dieses Ergebnis steht scheinbar im Widerspruch mit der bekannten Erscheinung, daß bei einem nicht leuchtenden Bunsenbrenner die heißesten Stellen nicht in der Achse der Flamme, sondern nach dem Rande zu liegen. Aber die Erscheinung an der Azetylen-Sauerstoff-Flamme kann dadurch vorgetäuscht sein, daß die Strahlung aus der Achse der Flamme wegen der Lichtabsorption in der Flamme selbst gar nicht beobachtet werden kann.

Abb. 3 Temperaturverteilung in der Mittellinie der Flamme, Färbung von hinten.

Abb. 4 bis 7
Temperaturverteilung in einer Ebene senkrecht zur Flammenachse.

Abb. 8
Helligkeitsverteilung eines in die Flamme gehaltenen Kohlenstabes.

In der Tat konnte diese Annahme durch einen Versuch bestätigt werden, der sich leider nicht zahlenmäßig auswerten ließ. Ein Kohlenstab von 2,4 mm Dmr. wurde für kurze Zeit einige Millimeter über dem hellen Kern in die Flamme eingeführt und unter Verwendung eines Rotfilters mit rotempfindlichen Platten photographiert. Die mit dem Registrierphotometer ausgewertete Platte ergab, daß in der Tat die Schwärzung einen deutlich erkennbaren, wenn auch flachen Mindestwert an der Stelle hat, die der Mittellinie der Flamme entspricht, Abb. 8. Wegen des schnellen Verbrennens der Kohle in der heißen Flamme war es nicht möglich, die photographische Methode zur Temperaturmessung zu verwenden.

In allen bisher betrachteten Fällen ist eine ordnungsmäßig brennende Flamme vorausgesetzt; Azetylen und Sauerstoff wurden zu gleichen Teilen gemischt, wodurch erfahrungsgemäß die günstigste Schweißflamme erzeugt wird. Beide Gase wurden handelsüblichen Stahlflaschen entnommen. Das Azetylen wurde von den Vereinigten Sauerstoffwerken Berlin mit etwa 99 vH Reinheit und der Sauerstoff von der Sauerstoffabrik Berlin mit 97 bis 98 vH Reinheit geliefert. Beide Gase traten hinter den Regelventilen zunächst in geeichte Rota-Messer (Deutsche Rotawerke, Aachen) und gelangten dann in den Schweißbrenner, den die Firma Messer, Berlin, zur Verfügung gestellt hatte. Der Sauerstoff hatte hierbei 3 at, das Azetylen 0,5 at Überdruck. Bei 1,9 mm Düsendurchmesser wurden minutlich 11,3 l Sauerstoff und Azetylen verbraucht, so daß die Ausströmungsgeschwindigkeit des unverbrannten Gases 130 m/s betrug. Die Flamme erhielt dadurch neben der Sicherheit vor Rückzündung eine große Steifheit und war an den Rändern stark zerfasert.

Bei einigen Versuchen wurde das Mengenverhältnis der beiden Gase abgeändert, um seinen Einfluß auf die Temperatur zu ermitteln. Bei Sauerstoffüberschuß waren der helle Flammenkern und die ganze Flamme schmäler und kleiner, aber die Höchsttemperatur änderte sich nur wenig. Sie wurde bei Mischung von 1 Teil Azetylen und 3 Teilen Sauerstoff (11 zu 33 l/min) nur um etwa 40 ° niedriger.

Viel empfindlicher ist die Flamme gegen einen Überschuß an Azetylen. Die Verbrennung ist dann im Innern der Flamme nur unvollständig, was man bei stärkerer Azetylenzufuhr an der Rußbildung erkennt. Es bildet sich über dem leuchtenden Flammenkegel noch ein größerer heller Flammenkegel. Die heißeste Stelle tritt auch jetzt nahe über dem normalen leuchtenden Flammenkegel auf. Doch war schon bei 7 vH Überschuß an Azetylen die Temperatur um rd. 60 ° niedriger.

[B 1734]

Fortschritte beim Torkretblasversatz

Von den beiden in der Praxis gebräuchlichen Blasversatzverfahren arbeitet das Verfahren der Zeche „Monopol"[1]) mit niedrig gespannter Druckluft von 1,2 bis 1,4 at und großen Rohrquerschnitten von 250 mm Dmr., während bei dem Torkretverfahren 150 mm Rohrdurchmesser und hochgespannte Druckluft von 2 bis 2,5 at angewendet werden. Die bei dem Torkretverfahren auf Zeche Prosper 3 aufgestellte Versatzmaschine besteht aus zwei luftdicht verschließbaren, übereinander angeordneten Kammern von rd. 0,8 m³ Nutzinhalt, durch die 25 bis 30 m³/min Versatzgut durchgeschleust werden können.

Das Versatzgut mit weniger als 80 mm Korngröße wird über ein Glockenventil in die Oberkammer aufgebracht, von wo es über einen durch Druckluft betätigten und durch eine besondere Klappe vor Verschmutzung geschützten Flachschieber in die Unterkammer gelangt. Ein in der Oberkammer befindliches Rührwerk sorgt hierbei für möglichst schnellen Austrag des Versatzgutes in die Unterkammer. Hier wird das Versatzgut durch ein Taschenrad gleichmäßig dem Ausblasestutzen zugeführt, der unmittelbar unter der Druckluftzuführung liegt. Die Förderleitung, die durch einen bewehrten Gummischlauch mit dem Ausblasestutzen verbunden ist, besteht aus 3 oder 5 m langen schmiedeisernen Rohren von 5 mm Wanddicke. Mittels besonderer mit auswechselbaren Stahllamellen verstärkter Krümmer können Richtungsänderungen überwunden werden. Das Versatzgut tritt durch ein nach der Seite schwenkbares Gummimundstück aus der Rohrleitung aus.

Bei der Versatzanlage auf Zeche Prosper 3 werden die als Versatzgut dienenden Waschberge unter 80 mm in einen als Bergebunker ausgebildeten 35 m hohen Stapel mit rd. 120 m³ Fassungsvermögen gekippt, unter dem die Versatzanlage mit einer Leistung von 25 m³/h aufgestellt ist[2]). Vor dem Zublasen werden die Abbaufelder durch in der Schreinerei der Zeche vorbereitete Versatztüren in Verbindung mit alten Förderwagenblechen abgegrenzt. Die Felderbreite wurde zu 1,5 m gewählt. Ein schneller Zusammenbau der Leitungen ist durch eine neue schraub- und flanschenlose Rohrschelle der Torkret-Gesellschaft möglich. Der eingeblasene Versatz ist fest und dicht und das Hangende von besserer Beschaffenheit als bei Handversatz. Vorteile des Verfahrens sind neben größerer Förderung eine um 30 vH höhere Kopfleistung, Freiwerden der Schüttelrutsche von Bergeversatz und doppelt so großer Abbaufortschritt. Auch wirtschaftlich sind die Ergebnisse so, daß auf andern Gruben in Westfalen und Sachsen weitere Versatzmaschinen dieser Bauart aufgestellt werden. [N 2312] Pr.

[1]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 25 S. 872.

[2]) „Glückauf" Bd. 64 (1928) Nr. 43 S. 1442.

Fortschritte im Bau von Wasserturbinen

Kaplan- und Propellerturbinen

Von Prof. Dr.-Ing. Oesterlen, Hannover

Propeller- und Kaplanturbinen — Konusturbinen — Lagerung der drehbaren Schaufeln der Kaplanturbinen und die verschiedenen Bauarten ihrer Verstellvorrichtung bei selbsttätiger Regelung — Grenzgefälle für die Überdruckturbinen und deren zulässige Höhenlage über dem Unterwasserspiegel. — Wirtschaftliche Betrachtungen.

Übergang von der Francis- zur Propeller- und Kaplanturbine

Durch Weiterentwicklung der Francis-Schnelläufer in der in meinem Aufsatz in Nr. 48 S. 1741 dieser Zeitschrift erwähnten Richtung kommt man dadurch, daß die Eintrittskante am Laufradboden immer mehr nach innen gegen die Achse zu gelegt und die Schaufelzahl und Schaufelfläche verkleinert wird, schließlich zur Propellerturbine, wenn auch noch der Außenkranz weggelassen wird. Den Anstoß zu dieser Entwicklung gab zweifellos Professor Dr.-Ing. Kaplan; denn wenn auch schon vor Bekanntwerden seiner Erfindung die Laufradeintrittskante vielfach stark gegen die Achse zu gelegt war, so wagte man doch erst nachher in dieser Richtung rascher voranzugehen und dann auch den Außenkranz wegzulassen, und zwar nicht nur in Europa, sondern auch in Nordamerika. Während bei der endgültigen Propellerturbine das Laufrad in rein axialer Richtung durchflossen wird, das Wasser also vor Eintritt in das Laufrad vollständig in die axiale Richtung umgelenkt ist, werden als Zwischenstufe auch sogenannte Diagonalpropellerräder, z. B. von Lawaczek und Neumeyer ausge-

Abb. 1. Zylinderschnitt durch die Schaufeln eines Propellerlaufrades.

Abb. 2. Konusturbine für die Anlage Beznau a. d. Aare (Bell & Cie.).

a Gestänge des Sicherheitsreglers zur Betätigung der Absperrschütze
b Streben für den Tragring des Wellenschutzrohres und der Blechabdeckung der Turbinenkammer
c Kupplung
d Blechabdeckung der Turbinenkammer
e drehbare Leitschaufeln
f äußerer Leitradring
g Propeller-Laufrad
h Tragring des Laufradmantels

Abb. 3. Umbau der Anlage Rheinfelden mit Konusturbine.

führt, die aber, da sie keinerlei Vorteile gegenüber dem reinen Axial-Propeller bieten, wohl mit der Zeit verschwinden werden. Eines der Kaplan-Patente erstreckt sich, wie bekannt, darauf, daß die Schaufellänge l, Abb. 1, im Laufrad gleich oder kleiner als die Schaufelteilung ist, $l \leq t$; das Laufrad wird durchsichtig, und der hohe Wirkungsgrad der Propeller- und Kaplanturbine beruht vor allem auf der dadurch erzielten starken Verminderung der benetzten Fläche im Laufrad. Doch ist Kaplan auch ein Rad mit einer Überdeckung bis zu $e \leq \frac{1}{3}\,t$ geschützt, sofern es reinen axialen Durchfluß aufweist[1]), und diese Räder haben, wenn ihre spezifische Drehzahl auch nicht so hoch getrieben werden kann, den Vorteil der durchweg stabilen Strömung und wegen der kleineren spezifischen Schaufelbelastung der verringerten Kavitationsgefahr; sie können also für höhere Gefälle als die durchsichtigen Laufräder verwendet werden.

Mit der einfachen Stromfadentheorie, also Verfolgung eines mittleren Wasserfadens, kommt man bei den Propeller- und Kaplanturbinen mit der geringen Schaufelzahl noch weniger durch als bei schnellaufenden Francisrädern. Eine Übereinstimmung mit dem Versuch konnte ich bei einer im Institut für Wasserkraftmaschinen der Technischen Hochschule Hannover entworfenen und untersuchten Propellerturbine nur dadurch erreichen, daß das Stromliniennetz über eine ganze Schaufelteilung aufgezeichnet wurde, und zwar unter Beachtung der Winkelübertreibung am Ein- und Austritt, und dann die Mittelwerte der $u_1 c_{1u}$ und $u_2 c_{2u}$ der Turbinenhauptgleichung aus der Integration über die Schaufelteilung bestimmt wurden[2]). Da man beim Einzeichnen der Stromlinien ziemlich viel freie Hand hat, ist für die Konstruktion neuer Räder die Kontrolle durch den Versuch heute noch unerläßlich. Der Versuch, die Propellerräder auf Grund der Tragflügeltheorie zu berechnen, hat bis jetzt nicht zum Ziel geführt[3]). Während die kleineren Propellerlaufräder aus einem Stück, also Nabe und Schaufeln zusammen gegossen werden, zieht man bei großen Rädern das Anschrauben der für sich gegossenen und bearbeiteten Schaufeln vor. Es hat dies für große Einheiten den häufig sehr ins Gewicht fallenden Vorteil, daß nicht mehr wie bei den Francisturbinen die Größe der Laufräder durch die Transportmöglichkeit auf der Eisenbahn begrenzt ist. Der Aufbau der Propellerturbinen ist der gleiche wie der der Kaplanturbinen und soll bei dieser Turbinenart besprochen werden.

Konusturbinen

Auf eines ist aber hier schon hinzuweisen. Bei den weitgehenden Schnelläufern der Francisturbinen, bei den Diagonalrädern und noch mehr bei den Propellerrädern, die ja mehr den alten Axialturbinen gleichkommen, und bei denen das Wasser in der Hauptsache auf Zylinderflächen um die Achse durch das Laufrad fließt, wäre der von der Francisturbine übernommene Leitapparat mit Leitschaufeln zwischen Achsnormalebenen gar nicht mehr notwendig. Man hat ihn beibehalten wegen der so sehr bequemen, konstruktiv und hydraulisch günstigen Regelbarkeit der Beaufschlagung. Er hat aber den Nachteil, daß sein Außendurchmesser groß und deshalb für den Zutritt des Wassers an seinem Umfang viel Platz notwendig ist und infolgedessen die Turbinenkammern, bei mehreren Einheiten auch der gegenseitige Abstand, verhältnismäßig groß werden. Besonders beim Umbau alter Anlagen, für die man doch meistens nach einer Vergrößerung der ausgenutzten Wassermenge strebt, macht sich dieser Umstand unangenehm bemerkbar.

Von den Schweizer Firmen, Ateliers des Charmilles S. A., Genf, und Th. Bell & Cie, Kriens bei Luzern, sind deshalb neuerdings die Konusturbinen mit Propellerrädern und auch schnellaufenden Francisrädern mit weit zurückliegender Eintrittskante wieder geschaffen worden. Abb. 2 zeigt den Schnitt durch die von Bell & Cie. für den Umbau der bisher mit Dreirad-Francisturbine stehender Anordnung ausgerüsteten Anlage Beznau an der Aare gewählte Bauart. Hydraulisch lassen sich diese Konusturbinen genau so günstig durchbilden, wie Turbinen mit Leitschaufeln zwischen ebenen Wänden, und Versuche haben recht gute Wirkungsgrade ergeben. Vergleichsversuche der Ateliers des Charmilles wiesen unter denselben Verhältnissen für die Konusturbine sogar eine Wirkungsgraderhöhung gegenüber dem zylindrischen Leitapparat zwischen halber und voller Beaufschlagung von 0,5 vH steigend bis zu 2 vH nach[4]). Abb. 3 und 4 zeigen den Umbau und die jetzige Turbine der Anlage Rheinfelden, in der früher ebenfalls dreifache Francisturbinen mit stehender Welle eingebaut waren[5]). Die Drehschaufeln bewegen sich bei den Konusturbinen zwischen Kugelflächen um schrägstehende Zapfen, wobei eine gewisse Schwierigkeit in der Übertragung der Bewegung des Regulierringes auf die Leitschaufeln liegt, wenn man nicht, wie bei der Turbine Beznau, Zahnradübertragung wählt.

Wirkungsgrad bei drehbaren Laufradschaufeln

Wie bei allen Turbinen mit nicht verstellbaren Laufradschaufeln nimmt auch bei den Propellerturbinen der Wirkungsgrad mit kleiner werdender Beaufschlagung sehr rasch ab, und zwar um so rascher, je größer die Schnelläufigkeit ist. Da in Europa die Wasserkräfte im allgemeinen sehr hoch ausgebaut werden und deshalb stets mit stark wechselnden Wassermengen zu rechnen ist, werden im Gegensatz zu Nordamerika die Kaplanturbinen, also Propellerturbinen mit drehbaren Laufradschau-

Abb. 4. Konusturbine für Rheinfelden.

[1]) DRP 300 591 u. 438 778.

[2]) Schilhansl, Fragen der neueren Turbinentheorie. Z. Bd. 69 (1925) S. 779.

[3]) Reichel, Über Propellerturbinen, „Wasserkraft und Wasserwirtschaft" Jg. 22 (1927) S. 261.

[4]) Zuppinger, Über schnellaufende Konusturbinen. Schweiz. Bauzeitung Bd. 82 (1923) S. 97.

[5]) Albrecht und Haas, Der Umbau von Wasserturbinen zur Erzielung größerer Wirtschaftlichkeit, Z. Bd. 71 (1927) S. 1333.

Abb. 5
Wirkungsgradkurven einer Propeller- und einer Kaplanturbine.

Abb. 6
Austrittsdiagramme einer Kaplanturbine.

Abb. 7
Wirkungsgradkurven einer Kaplanturbine bei feststehenden, verschieden eingestellten Laufradschaufeln.

feln[6]), bevorzugt, und zwar vielfach auch bei Anlagen mit mehreren Maschinensätzen, bei denen theoretisch die wechselnde Wassermenge gut ausgenutzt werden könnte, wenn nur eine der Turbinen eine Kaplanturbine und die übrigen Propellerturbinen wären. Der Vorteil der leichteren Betriebführung und des besseren durchschnittlichen Wirkungsgrades bei häufig wechselnder Belastung und sich oft ändernder Wassermenge, spricht auch bei diesen Anlagen für gleichartige Maschinen. Die Wirkungsgradkurven in Abb. 5 zeigen den großen Unterschied zwischen Propeller- und Kaplanturbine, der sich aus den Austrittsdiagrammen, Abb. 6, erklärt.

Während sich bei der Propellerturbine mit festen Laufradschaufeln der Austrittswinkel β_2 mit der Beaufschlagung nicht ändert und deshalb die absolute Austrittsgeschwindigkeit c_2 und damit der Austrittsverlust bei kleiner Füllung (siehe c_2 (½), im Schaubild strichpunktiert) rasch größer wird und durch die große Abweichung der Richtung von c_2 von der Senkrechten zu u_2 auch der Rückgewinn im Saugrohr klein ist, zeigen die ausgezogenen Schaubilder für volle und halbe Beaufschlagung der Kaplanturbine, die infolge der Änderung von β_2 kleine und auch bei geringer Füllung günstig gerichtete absolute Austrittsgeschwindigkeit c_2. Abb. 7 gibt gestrichelt die Wirkungsgrade einer Kaplanturbine mit feststehenden, verschieden eingestellten Laufschaufeln bei wechselnder Leitschaufelöffnung wieder, aus denen sich als Umhüllende die günstigste Wirkungsgradkurve ergibt. Sie zeigt, wie zu jeder Leitschaufelöffnung eine ganz bestimmte Stellung der Laufradschaufeln gehört, und man erreicht heute bei selbsttätig geregelten Leit- und Laufradschaufeln den durch Versuche bestimmten Zusammenhang dadurch, daß beide Verstellvorrichtungen miteinander in geeigneter Weise verbunden werden.

a Hängeglocke, zweiteilig
b Verstellstange
c Lagerbüchse, zweiteilig
d Flügelkopf
e Nabenscheibe
f Dichtungsringe
g Verstellhebel der Laufradschaufeln
h Laufradschaufel
i Lagerbüchse für die Schaufelzapfen
k Führungsbolzen
l Lenker
m Regelkreuz
n Absaugrohr für das Spaltwasser

Abb. 8 und 8 a
Achsenschnitt durch Leit- und Laufrad einer Kaplanturbine (Voith).

[6]) DRP 289 667 und 325 860, außerdem DRP 325 061.

Lagerung der Laufrad-Drehschaufeln

Während die Bewegungsvorrichtung für die Leitschaufeln die gleiche wie bei den Francisturbinen geblieben ist und sowohl die Innen- als auch die Außenregulierung bei den Propeller- und Kaplanturbinen verwendet wird, hat sich für die Verstellung der Laufradschaufeln eine Reihe von neuen Konstruktionen herausgebildet. Die Lagerung der drehbaren Laufradschaufeln in der Laufradnabe um zur Turbinenwelle senkrechte Achsen und die in der Nabe untergebrachte Verstellvorrichtung wurden von Anfang an bei allen Firmen, die Kaplanturbinen bauen, ziemlich einheitlich durchgeführt. Für die Nabe mußte zur Unterbringung ihrer Teile ein ziemlich großer Durchmesser gewählt werden, und zwar wird er jetzt allgemein mit $0{,}4\,D_1$ (D_1 = Laufraddurchmesser) bemessen. Der große Durchmesser ist keineswegs, wie zunächst angenommen werden könnte, in hydraulischer Hinsicht schädlich, sondern schafft im Gegenteil für die Schaufelform in der Nähe der Nabe bessere Verhältnisse, weil nach der Welle zu die Umfangskomponente der absoluten Wassergeschwindigkeit immer größer und die Umfangsgeschwindigkeit kleiner wird, wodurch sich bei kleinen Durchmessern zu große Eintrittswinkel und eine, besonders bei kleinen Füllungen, gefährliche Druckerniedrigung ergeben würden. Der allmähliche Übergang zum Saugrohr kann durch eine genügend lange Haube unter der Nabe erzielt werden.

Wie aus Abb. 8 und 8a ersichtlich ist, hat jede der vier Stahlguß-Laufradschaufeln eines Kaplanrades einen angegossenen Zapfen, der doppelt in Bronzebüchsen gelagert ist und dazwischen den Verstellhebel trägt. Der Verstellhebel sitzt in einer Eindrehung des Zapfens, ist aufgeklemmt und verbohrt. Er hat auch die Schleuderkräfte der Schaufeln aufzunehmen. Mit Rücksicht auf die große Belastung der Schaufel und deren weit außen liegenden Angriffspunkt müssen die Schaufelzapfen möglichst kräftig gehalten werden. Die spezifischen Flächenpressungen werden recht groß und, da sie proportional mit dem Gefälle wachsen, ist außer durch die Kavitationsgefahr auch durch diese zunehmende Belastung die Anwendungsmöglichkeit der Kaplanturbine für höhere Gefälle begrenzt. Von den vier Verstellhebeln gehen kurze Lenker zu einem Kreuz, das fest auf einer in der hohlen Turbinenwelle axial verschiebbaren Stange sitzt. Bei der hohen Belastung aller Zapfen ist eine gute Schmierung unbedingt erforderlich, die durch Ölfüllung der nach außen abgedichteten Nabe erreicht wird. Zur Dichtung der Schaufelzapfen sind am Bund Leder- oder Gummiringe eingelegt.

Abb. 9
Verschiebung der Verstellstange in der hohlen Turbinenwelle durch umlaufende Muffe, Hebel und Stangen (Escher, Wyß & Cie.).

Bauarten der Verstellvorrichtungen bei selbsttätiger Regelung

Die Verstellstange in der hohlen Turbinenwelle wird dadurch mechanisch verschoben, daß nach Abb. 9 die Stange durch Schlitze in der Welle mit einer umlaufenden Muffe verbunden ist, die als doppelseitiges Spurlager ausgebildet wird und im Ölbad in einem feststehenden Gehäuse sitzt; dieses kann durch Hebel und Stangen entweder mit der Hand oder vom Geschwindigkeitsregler verschoben werden, Abb. 10. Der Regler muß dabei in gleicher Weise wie bei den Freistrahlturbinen mit Düsen- und Ablenkerregulierung, als Doppelregler ausgebildet sein, d. h. er muß zwei Servomotoren mit je einem eigenen Steuerventil haben, von denen der eine die Leitschaufeln und der andere die Laufradschaufeln verstellt. Die zwangläufige Verkettung beider Bewegungen wird durch eine in die Rückführung eingeschaltete Kurvenscheibe erzielt, so daß jeder Leitschaufelöffnung die richtige Stellung der Laufradschaufeln entspricht.

Abb. 10
Schema der Verschiebung der Verstellstange durch Muffe und Doppelregler, der auch die Leitschaufeln verdreht (Voith).

Bei kleinen Turbinen mit geringen Verstellkräften kann auch ein Geschwindigkeitsregler mit e i n e m Servomotor für die Bewegung der Leit- und Laufradschaufeln verwendet werden, wobei, wie dies Abb. 11 bis 13 zeigen, die Verschiebung der Stellstange in der Turbinenwelle von der Welle der Leitschaufelregelung ausgeht und deren Drehung um ihre senkrechte Achse durch schrägliegende und entsprechend geformte Führungsschlitze, in denen Rollen laufen, auf einen wagrecht gelagerten Hebel übertragen wird. Durch Zugstange und Hebel wird von da aus dann die über die Turbinenwelle hinausragende Stellstange an einer Muffe mit doppelseitigem Axialkugellager gefaßt.

Die weiteren Bauarten, die zunächst für die großen Verstellkräfte ausgebildet wurden, sich dann aber auch bei mittleren und kleinen Turbinen als zweckmäßig erwiesen, benutzen alle die unmittelbare hydraulische Verstellung der Regulierstange durch Öldruck, der ja bei selbsttätig geregelten Turbinenanlagen sowieso vorhanden ist. Der Servomotor wird in einfachster Weise zentrisch zur Turbinenachse gelegt und der Kolben auf die Verstellstange aufgesetzt. Bei einer der ersten Ausführungen dieser Art wurde der Servomotor über der senkrechten Maschinenwelle, also über dem Spurzapfen und gegebenenfalls dem Erregergehäuse angeordnet, wobei dann der Servomotorzylinder ruhte und der auf der Verstellstange befestigte Kolben umlief. Um diesen im feststehenden

Abb. 11

Abb. 12

Abb. 11 bis 13
Verschiebung der Verstellstange in der hohlen Turbinenwelle durch den Servomotor für die Leitschaufelverstellung
(Escher, Wyß & Cie.).

Gehäuse umlaufenden Kolben zu vermeiden, wurde dann bei einer späteren Konstruktion in den Kolben ein doppelseitiges Axialdrucklager eingesetzt, das also den nun ruhenden Kolben mit der sich drehenden Verstellstange verband; das Steuerventil wurde zentrisch darüber angebracht und mit dem Kolben in einfachster Weise ein Rückführ-Steuerschieber verbunden.

Diesen Zusammenbau von Steuerventil und Rückführung zeigt Abb. 14, und es ist aus Abb. 15, der Schnittzeichnung durch die ganze Turbine, ersichtlich, wie das Steuerventil durch ein vom Geschwindigkeitsregler ausgehendes, zugleich mit der Regulierwelle der Leitschaufelverdrehung bewegtes Gestänge und eine Kurvenscheibe verstellt wird. Die Kurvenscheibe wird so geformt, daß das Regulierventil über der Turbinenwelle im Zusammenwirken mit der Rückführung die richtige Verkettung zwischen Leitschaufelöffnung und Laufradschaufelstellung ergibt. Im Gegensatz zu der vorher beschriebenen Bauart ist aber hier der Servomotor zwischen zwei Kuppelflanschen der Turbinenwelle eingebaut, und der Servomotorkolben läuft mit der Stellstange und der Turbinenwelle um, steht also relativ zur Turbinenwelle still.

Der mit dem Servomotor umlaufende Kolben ist nun bei allen weiteren Konstruktionen beibehalten worden, und sie unterscheiden sich nur noch durch die Art der Anbringung des Steuerventils und die Lage des Servomotors. Bei dieser Bauart heben sich die Kräfte für die Verstellung der Laufradschaufeln innerhalb der Turbinenwelle gegenseitig auf und übertragen sich nicht, wie bei den zuerst aufgeführten Anordnungen, als Zusatzbelastung auf den Spurzapfen der Turbine.

Bei der Konstruktion der Aktiebolaget Karlstads Mekaniska Verkstad, Verkstaden, Kristinehamn (Schweden), und der Firma Storek, Brünn, liegt der Servomotor in der Laufradnabe und das Steuerventil samt Rückführung ist mit dem Servomotorkolben zusammengebaut. In Abb. 16 und 16 a ist diese Anordnung schematisch dargestellt, und sie zeigt auch den Zusammenhang der nicht umlaufenden Steuerventilstange, die als Rohr über die Turbinenwelle hinausragt und dort mittels Rolle und Kurvenscheibe verstellt wird, mit der Regulierwelle für die Leitschaufeln. Das Drucköl wird dem Steuerventil und dem Servomotor durch dieses Rohr zugeführt und fließt durch den Ringraum zwischen Rohr und Wellenbohrung ab.

Bei der Bauart nach Abb. 17 und 18 liegt der Servomotor ebenfalls zwischen den Kuppelflanschen der Turbinen- und der Stromerzeuger- oder Getriebewelle. Das Öl wird von oben her durch zwei in der hohlen Welle ineinander gesteckte Rohre zugeführt, von denen das innere Rohr mit dem Servomotorkolben verschraubt und mit der unteren Zylinderseite verbunden ist. Es bewegt sich mit

Abb. 14
Steuerventil und Rückführung zum Laufrad-Servomotor am oberen Ende der Regulierstange (Escher, Wyß & Cie.).

Abb. 15
Kaplanturbine mit Laufrad-Servomotor zwischen den Kuppelflanschen der Turbinenwelle. Steuerventil und Rückführung am oberen Ende der Verstellstange (Escher, Wyß & Cie.).

dem Kolben, und von seinem oberen Ende wird die Rückführung abgeleitet. Die beiden Rohre münden oben in zwei feststehende übereinanderliegende Ölverteilungsräume, denen das Öl durch Rohrleitungen zugeführt wird, die von dem am Regler angebrachten Steuerventil ausgehen. Abb. 19 zeigt die konstruktive Durchbildung dieser Ölzuführung. Das Steuerventil ist hier also nicht wie bei den beiden vorher besprochenen Konstruktionen mit dem Servomotor zusammengebaut, sondern sitzt am Geschwindigkeitsregler neben dem Steuerventil, das den Servomotor für die Leitschaufelverdrehung beherrscht. Das Steuerventil für die Laufradregelung steht durch eine in seine Rückführung eingeschaltete Kurvenscheibe mit dem für die Leitradregelung in der richtigen Verbindung. Der Ölraum in der Nabe ist durch eine Stopfbüchse gegen den Servomotor abgedichtet und kann deshalb im Gegensatz zu der schwedischen Konstruktion für sich mit einer Ölfüllung versehen werden, was wichtig ist, weil die hoch belasteten Zapfen ein besonders gutes Schmieröl verlangen.

Laufradmantel bei drehbaren Schaufeln

Der Mantel für das Kaplanlaufrad mit drehbaren Schaufeln wird nicht kugelig mit dem Mittelpunkt im Schnittpunkt von Turbinen- und Laufschaufelachse ausgeführt, was zur Aufrechterhaltung eines bei allen Laufschaufelstellungen gleich großen Spaltes zwischen Mantel und Schaufel über deren ganze Länge am Umfang nahe liegen würde, sondern er wird meist zylindrisch gemacht, wobei sich dann die Schaufeln nur beim kleinsten Schaufelwinkel, also sehr kleiner Beaufschlagung, mit durchweg gleich großem Spalt dem Laufradmantel anpassen

Abb. 16 und 16 a
Servomotor zur Laufschaufelverstellung in der Laufradnabe. Steuerventil und Rückführung im Servomotorkolben (Verkstaden).

a Reglerservomotor
b Hebel auf der Regulierwelle des Leitapparates
c Kurvenscheibe
d Druckölzulauf
e Ölabfluß
f Haube für die Lagerung der Kurvenscheibe und für den Ölzu- u.-abfluß
g Dynamowelle
h Steuerventilstange
i Turbinenwelle
k Regelventil
l Servomotor für die Laufschaufelverstellung
m Verstellstange, zugleich Kolbenstange des Laufrad-Servomotors
n Regulierring für die Leitschaufelverstellung
o Drehzapfen der Laufradschaufel
p Verstellzapfen mit Gleitstein
q, *r* Führungsringe
a_1 Auf diesem Teil werden nur die Leitschaufeln verstellt
a_2 Stellung mit der kleinsten Laufradöffnung
a_3 bis a_6 Schließrichtung

Abb. 18
Leit- und Laufschaufelregelung mit Laufrad-Servomotor zwischen den Kuppelflanschen (Voith).

a Ölzuführungsbock
b Laufrad-Servomotor
c Rückführstange zum Steuerventil
d Druckölleitungen
e Sickerölablauf
f Dynamowelle
g Zwischenstück
h Turbinenwelle
i Verstellstange

lassen. Bei jedem größeren Winkel, entsprechend zunehmender Beaufschlagung, wird dieser Spalt gegen die Eintritts- und Austrittskante zu größer, und die Schaufeln stehen zum Teil recht beträchtlich vom Mantel ab. Damit das in der Nähe dieses Mantels fließende Wasser nicht auf die zylindrische Endfläche der Schaufeln auftrifft und an den scharfen Kanten Wirbel entstehen, rundet Voith die äußeren Ecken des Schaufelblattes ab und gibt allen achsparallelen Schnitten richtige Profilform, Abb. 20. Der Laufradmantel selbst wird auswechselbar gemacht, entweder durch eine besondere Auskleidung, die leicht erneuert werden kann, oder dadurch, daß der ganze gußeiserne Mantel für sich, also getrennt vom Mauerring, eingesetzt wird.

Abb. 17
Laufrad-Servomotor zwischen den Kuppelflanschen. Steuerventil am Geschwindigkeitsregler (Voith).

a Geschwindigkeitsregler
b Laufrad-Servomotor

Führungslager beim Laufrad

Das Führungslager am Turbinendeckel sucht man natürlich auch bei den Kaplanturbinen möglichst nahe an das Laufrad heranzurücken und verwendet deshalb mit Vorliebe hydraulische Stopfbüchsen, da gewöhnliche Stopfbüchsen nur sehr kurze Packungen erhalten könnten, sehr schwer zugänglich sind und während des Betriebes nicht nachgesehen werden können. Bei der Kaplanturbine nach Abb. 8 wird das Druckwasser, das in den Deckelraum der Turbine, also hier in den Raum über der Laufradnabe eindringt, durch drei Spalte und ein Flügelrad vom Führungslager ferngehalten und durch ein Verbindungsrohr in den Saugraum abgesaugt. Der Turbinendeckel, der das Führungslager trägt, ist bei dieser Turbine, ähnlich wie in Abb. 17 meiner Abhandlung in Nr. 48 S. 1746 dieser Zeitschrift, nicht gegen die Wandungen der Turbinenkammer abgesteift, sondern mit einer

a, b Ölleitungen zum Laufrad-Servomotor
c Erregermaschine
d Ringspurlager

Abb. 19
Ölzufuhr zum Laufrad-Servomotor (Escher, Wyß & Cie.).

Abb. 20
Abgerundete und profilierte Laufschaufelenden (Voith).

Mit Gummilagern, die nach Mitteilungen aus Nordamerika dort vielfach verwendet werden[7]), hat man auch in Deutschland schon Versuche gemacht, die auch zur Zufriedenheit ausgefallen sind, wenn auf eine sichere und reichliche Wasserschmierung geachtet wird. Im allgemeinen ist man aber bei uns bei den altbewährten Lagern mit Weißmetallausguß geblieben, die sich auch bei großen Ausführungen, mit Durchlaufschmierung oder selbsttätiger Umlaufschmierung ausgerüstet, stets bewährt haben. Bei Pockholz und bei Gummilagern, wenn auch bei diesen weniger, entsteht infolge der Notwendigkeit, reines Wasser zur Schmierung zu verwenden, keine Vereinfachung gegen die Metallager, im Gegensatz zu den Pumpen, bei denen meist das zu fördernde Wasser schon rein genug ist.

Grenzfälle für Überdruckturbinen

Mit Vorliebe werden die Propeller- und Kaplanturbinen mit senkrechter Welle aufgestellt, wozu meist schon das geringe zulässige Sauggefälle zwingt. Abb. 22 zeigt eine Anlage mit unmittelbar gekuppeltem Stromerzeuger und Laufradverstellung nach Abb. 17 und 18. Daß aber auch Propellerturbinen mit wagerechter Welle und sogar als Spiralturbinen gebaut werden, ist aus Abb. 23 ersichtlich, die eine Turbine für $H = 6{,}35$ m,

[7]) Report of Hydraulic Power Committee 1925/26 S. 21.

an einem Mauerring in der Decke verbundenen Hängeglocke befestigt.

Die Kaplanturbine nach Abb. 21 hat Außenregulierung für die Leitschaufeln und Muffenregulierung der Laufradschaufeln. Bemerkenswert ist sie noch dadurch, daß das am Turbinendeckel sitzende Führungslager in der Lauffläche mit Pockholz ausgekleidet ist, was sich gut bewährt hat, wenn reines Wasser zur Schmierung zur Verfügung steht. Das Betriebwasser der Turbine kann man dazu nur verwenden, wenn man gutwirkende Filter vorschaltet. Die Welle ist im Lager mit einer auswechselbaren Laufbüchse versehen und das Schmier- und Kühlwasser wird in den Raum über dem Lager unter Druck zugeführt, der so groß sein muß, daß das Betriebwasser bei keiner Beaufschlagung von unten her durch den Spalt an der Laufradnabe und die Labyrinthstopfbüchse in das Lager eindringen kann. Bei Unterdruck in dem Raum über der Laufradnabe verhindert das Lagerschmierwasser das Eindringen von Luft in das Laufrad. Über dem Pockholzlager sitzt eine einfache Weißmetall-Stopfbüchse, die mit dem Wellenschutzrohr einen langen glatten Spalt bildet.

Abb. 22
Kaplanturbine mit senkrechter Welle und unmittelbar gekuppeltem Stromerzeuger. Anlage Müngsten des RWE. $H = 4$ m, $N = 650$ PS, $n = 137$ U/min (Voith).

a Verstellmuffe
b Doppelhebel
c Zugstange zur Verdrehung des Leitradregulierringes
d Weißmetallstopfbüchse
e Labyrinthstopfbüchse

Abb. 21
Kaplanturbine mit Außenregulierung der Leitschaufeln und Muffenverstellung der Laufradschaufeln (Voith).

hohe Gefälle verwendet werden. Bei den Kaplanturbinen mit drehbaren Laufradschaufeln kommt noch die Begrenzung durch die proportional mit dem Gefälle wachsende Belastung der Schaufeldrehzapfen hinzu. Nach dem heutigen Stande kann die in Abb. 24 in Abhängigkeit von der spezifischen Drehzahl aufgetragene Gefällkurve als Grenzkurve für alle Überdruckturbinen angesehen werden. Eine Propellerturbine mit $n_s = 600$ kann demnach also nur bis zu einem Gefälle von rd. 12 m aufgestellt werden und Kaplanturbinen mit $n_s = 1000$ lassen sich höchstens bis zu 5 m Gefälle verwenden. Die eingezeichneten Punkte entsprechen ausgeführten Anlagen, deren Gefälle in der Nähe und zum Teil sogar etwas über dieser Grenzkurve liegen. Natürlich bemüht man sich immer weiter um die Verschiebung dieser Grenzkurve nach oben, und zwar besonders bei den hohen spezifischen Drehzahlen der Propeller- und Kaplanturbinen. Zweifellos wird diesem Streben auch durch weitere Verbesserungen in hydraulischer und konstruktiver Hinsicht noch ein gewisser Erfolg beschieden sein.

$N = 107$ PS bei $n = 500$ U/min darstellt. Es fällt dabei vor allem das im Verhältnis zum Laufraddurchmesser sehr große Gehäuse auf.

Wie schon erwähnt, können die Überdruckturbinen, seien es nun Francis- oder Propellerturbinen, mit Rücksicht auf die Kavitationsgefahr nicht für beliebig

Zulässige Höhe über dem Unterwasserspiegel

Im Hinblick auf die Hohlraumbildung ist besonders die Höhenlage der Turbine über dem Unterwasserspiegel wichtig. Schon bei den schnellaufenden Francisturbinen mit hohem Austrittsverlust und wenig Laufradschaufeln ergibt die statische Saughöhe H_s zusammen mit dem

Abb. 23. Propellerturbine mit wagerechter Welle im Spiralgehäuse (Voith).

Abb. 24
Grenzkurve für die bei Überdruckturbinen noch zulässigen Gefälle.

dynamischen Sauggefälle νH (Rückgewinn im Saugrohr) und den oft beträchtlichen Geschwindigkeits- und Druckunterschieden auf beiden Seiten der Laufradschaufeln leicht Stellen, an denen der Unterdruck so weit heruntergeht, daß der Dampfdruck des Wassers erreicht wird und eine Hohlraumbildung (Kavitation) auftritt. Bei den mit noch größerem Austrittsverlust arbeitenden Propeller- und Kaplanrädern ist diese Gefahr besonders groß und die zulässige Höhenlage über dem Unterwasserspiegel bedarf deshalb sorgfältiger Prüfung[8]). Wir bekommen bei diesen Turbinen einen Anhalt über die örtliche dynamische Druckerniedrigung an den Laufradschaufeln und über ihre Ausdehnung in der Strömungsrichtung aus Messungen an schrägliegenden Schaufelgittern[9]). In Abb. 25 sind die Drücke auf beiden Seiten eines Schaufelprofils dargestellt als Ordinaten über der Profilsehne, und zwar als Vielfaches des Staudruckes $q = \gamma \frac{w_1^2}{2g}$, oder in m Wassersäule für H_m Gefälle: $h_d = \frac{w_1^2}{2g} H$, wenn w_1 die relative Geschwindigkeit für 1 m Gefälle bedeutet, mit der das Wasser auf die Laufradschaufel zuströmt. Der Staudruck ist am Eintrittspunkt, dem Staupunkt, in dem die Geschwindigkeit w_1 senkrecht auf die Schaufel auftrifft, voll vorhanden und ist im Druckdiagramm gleich $+1{,}0$ gesetzt. Auf der Saugseite der Schaufel, also z. B. bei a, herrscht ein Druck, der um $(1 + 1{,}1)\, h_d = 2{,}1\, h_d$ niedriger ist als der Druck im Staupunkt. Für das Auftreten der Kavitation kommt es auf die größte Druckerniedrigung an, die sich aus dem Diagramm zu $(1 + \tau) \frac{w_1^2}{2g} H$ berechnet. τ ist aus den Druckmessungen an Schaufelgittern zu entnehmen und liegt zwischen 0,8 und 2 bei Propellerschaufeln und steigt bis zu 4 bei den Kanälen der Francisräder.

Bei H_m Gefäll ist der statische Druck am Laufradeintritt, wenn H_s näherungsweise als bis zum Laufradeintritt reichend angesehen wird und an Stelle der Verluste bis zum Laufradeintritt in Annäherung die gesamten Durchflußverluste $\Sigma \varrho H$ im Leit- und Laufrad eingesetzt werden:

$$h_1 = H - H_s - \Sigma \varrho H - \frac{c_1^2}{2g} H,$$

(c_1 ist die absolute Wassergeschwindigkeit vor dem Laufradeintritt, gültig für 1 m Gefälle).

Der Druck im Staupunkt beträgt dann $h_1 + \frac{w_1^2}{2g} H$ und der Druck an der Stelle der tiefsten Druckerniedrigung im Laufrad:

$$H - H_s - \Sigma \varrho H - \frac{c_1^2}{2g} H + \frac{w_1^2}{2g} H - (1 + \tau) \frac{w_1^2}{2g} H$$

$$= H \left(1 - \Sigma \varrho - \frac{c_1^2}{2g} - \tau \frac{w_1^2}{2g}\right) - H_s = -k H - H_s,$$

wenn der Klammerwert gleich $-k$ gesetzt wird.

Bei kegelig erweitertem Saugrohr kommt dann noch der weitere Druckabfall entsprechend der dynamischen Saughöhe νH hinzu, so daß sich der kleinste Druck berechnet zu

$$-h_i = -k H - H_s - \nu H.$$

Mit H_a als barometrischer Saughöhe, d. i. Luftdruck abzüglich Wasserdampfspannung, ist dann der verbleibende Überdruck gegenüber der Wasserdampfspannung, also die Druckreserve gegen Hohlraumbildung:

$$H_a - h_i = H_a - k H - H_s - \nu H.$$

Diese Druckreserve wird zu null bei

$$k = \frac{H_a - H_s}{H} - \nu.$$

[8]) Bauersfeld, Die Grundlagen zur Berechnung schnellaufender Kreiselräder, Z. Bd. 66 (1922) S. 461; Thoma, Die Kavitation bei Wasserturbinen, „Hydraulische Probleme" 1926 S. 65; Schilhansl, Fragen der neueren Turbinentheorie, Z. Bd. 69 (1925) S. 779; Staufer, Die Hohlraumbildung bei Francis-, Propeller- und Kaplanturbinen, „Die Wasserkraft" Jg. 20 (1925) S. 217; Ackeret, Das höchstzulässige Sauggefälle bei Wasserturbinen, Schweiz. Bauzeitung Bd. 91 (1928) S. 135.

[9]) Untersuchungen über Druckverteilung an gestaffelten Flügelgittern, Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen, 3. Lieferung S. 132.

Abb. 25 Druckverteilung über die Schaufel einer Propellerturbine.

k ist ein Grenzwert, der nicht unterschritten werden darf und bei dessen Festlegung zu beachten ist, daß außer den schon genannten Ursachen noch andre Umstände örtliche Drucksenkungen im Saugrohr hervorrufen können, wie die Drehung des Wassers im Saugrohr und, beim Vorhandensein eines Saugrohrkrümmers, die Druckunterschiede, die in Krümmern auftreten.

Von den Amerikanern Rogers und Moody sind auf Grund statistischer Verarbeitung einer großen Zahl von Wasserkraftanlagen mit Francis- und Propellerturbinen Kurven über die zulässigen k-Werte abhängig von der spezifischen Drehzahl aufgestellt worden[10]), aus denen die folgenden Zahlen abgeleitet sind:

	Francis-Turbinen					Propeller- und Kaplan-Turbinen			
$n_s =$	50	125	200	300	450	450	600	800	1000
$k =$	0,003	0,01	0,03	0,08	0,22	0,2	0,5	1,0	1,6.

Mit k berechnet sich nach obiger Gleichung die größte zulässige statische Saughöhe zu:

$$H_s = H_a - (k + \nu) H \text{ [11])}.$$

Die dynamische Saughöhe $\nu H = \text{rd.}\ \varepsilon \frac{c_{2m}^2}{2g} H$ muß man um sicher zu gehen und H_s nicht zu groß zu bekommen, mit hohem Wirkungsgrad ε des Saugrohres berechnen. Man wählt $\varepsilon = 0{,}8$ bei geradem Saugrohr und behält diesen Wirkungsgrad zweckmäßigerweise auch für eine Turbine mit Saugkrümmer bei, obgleich dabei der Saugrohr-Wirkungsgrad schlechter ist, um die im Krümmer selbst auftretenden örtlichen Drucksenkungen zu berücksichtigen. Mit den üblichen Werten von c_{2m} ergeben sich dann die in der Abb. 26 und 27 aufgetragenen zulässigen Saughöhen H_{s_0}, und zwar sowohl für Francis- als auch für Propeller- und Kaplanturbinen. H_{s_0} ist für verschiedene spezifische Drehzahlen abhängig vom Gefälle dargestellt und gilt für $H_a = 10$ m, also für Meereshöhe. Für die Höhe a m über dem Meere bestimmt sich dann die zulässige statische Saughöhe H_s mit genügender Annäherung zu $H_s = H_{s_0} - \frac{a}{900}$. Bei Turbinen mit wagrechter Welle ist H_s bis zum höchsten Punkt des Saugkrümmers zu rechnen.

Trotz der Beschränkung in der Verwendung der Propeller- und Kaplanturbinen hinsichtlich Nutzgefäll und Höhenlage über dem Unterwasserspiegel ist ihr wirtschaftlicher Vorteil, besonders bei großen Niederdruckanlagen, recht bedeutend, einmal dadurch, daß man mit der Drehzahl rd. doppelt so hoch kommt als bei Francisturbinen für die gleiche Leistung und dasselbe Gefäll und daß man weiterhin die Leistung der Maschineneinheit infolge der Teilbarkeit des Laufrades außerordentlich steigern kann. Wählt man als Vergleichmaßstab die auf 1 m Gefäll umgerechnete Leistung N_1 eines Laufrades, so liefert die bisher größte Francisturbine ein $N_1 = 410$ PS[12]), während die größte ausgeführte Kaplanturbine für die schwedische Anlage Lilla Edet ein $N_1 = 676$ PS aufweist und die vier zur Aufstellung kom-

[10]) Hydro-Elektrische Konferenz. Philadelphia 1925.
[11]) Thoma setzt $(k + \nu) = \sigma$.
[12]) „Die Wasserkraft" Jg. 19 (1924) S. 74 (Zahlentafel).

Abb. 26
Zulässige statische Saughöhe für Francisturbinen.

Abb. 27
Zulässige statische Saughöhe für Propeller- und Kaplanturbinen.

menden Kaplanturbinen der Anlage Nyburg-Schwörstadt am Rhein[13]) das noch erheblich größere $N_1 = 1000$ PS erhalten werden.

Wirtschaftliche Betrachtungen

Der in letzter Zeit auffallende Rückgang in der Zahl der deutschen Maschinenfabriken, die Wasserturbinen bauen, rechtfertigt es, hier noch ein Wort über die wirtschaftlichen Verhältnisse im deutschen Wasserturbinenbau zu sagen. In keinem anderen Zweige des Maschinenbaues und besonders des Großmaschinenbaues dürften die Verhältnisse so eigenartig liegen, wie bei den Wasserturbinen. Die an sich gesunde Entwicklung im Wasserkraftausbau, die dahin geht, unsere Wasserkräfte so zusammenzuziehen, daß möglichst große Einzelleistungen entstehen, hat dazu geführt, daß die Zahl der in Auftrag zu gebenden kleinen und mittleren Turbinen stark zurückgegangen ist und vor allem die großen Firmen fast nur noch große Einheiten zu bauen haben, deren Zahl dann aber natürlich gering ist und um die deshalb ein um so heftigerer Konkurrenzkampf entbrennt. Dieses Verschwinden der kleinen und mittleren Turbinen aus der Werkstatt wird noch dadurch verstärkt, daß die Besitzer von ausgebauten Wasserkräften ihre vielfach veralteten und verbesserungsbedürftigen Turbinen aus Geldmangel nicht ersetzen, sondern notdürftig mit ihnen weiterarbeiten.

Nun stellt aber jede große Turbine eine Sonderkonstruktion dar, weil das Gefälle, die Wassermenge und die Anordnung bei jeder Anlage wieder anders sind, so daß jede Anlage eingehende Studien und meist recht ausgedehnte Versuche erfordert. Das Risiko hinsichtlich Wirkungsgrad, Betriebsicherheit und Lebensdauer ist bei großen Einheiten so bedeutend, zumal eine nachträgliche Änderung des Einbaues unmöglich ist, daß sich keine ihrer Verantwortung bewußte Turbinenfirma ohne Modellversuche, die sich nicht nur auf die Turbinenkonstruktion, sondern vor allem auch auf den Einbau und die Ausbildung des Saugrohres beziehen, auskommen kann. Solche Modellversuche werden heute, in Erkenntnis ihrer Wichtigkeit, vielfach von den Bestellern selbst verlangt, doch scheuen sie sich davor, auch deren Kosten zu tragen, die natürlich nicht unbeträchtlich sind, aber doch im Verhältnis zu den Kosten der Gesamtanlage, bei denen ja die Wasserbauten weitaus die Hauptrolle spielen, garnicht ins Gewicht fallen.

Auch die im allgemeinen vielfach rein wissenschaftlichen Arbeiten und Untersuchungen werden von den Bestellern nicht richtig eingeschätzt. Diese Arbeiten sind von den Firmen außer für Sonderversuche für die Konstruktion der neuzeitlichen Schnelläufer, besonders der Propeller- und Kaplanturbinen, zur Prüfung der Geschwindigkeits- und Druckregler zu leisten; sie verlangen einen Stab von theoretisch und praktisch durchgebildeten Ingenieuren und verschlingen recht erhebliche Mittel. Solche Arbeiten und Versuche sind aber notwendig, um den deutschen Turbinenbau auf seiner Höhe zu halten und ihm die Möglichkeit zu geben, für die Ausnutzung unserer Wasserkräfte die wirtschaftlich günstigste Lösung zu finden und den höchst erreichbaren Wirkungsgrad zu erzielen. Nimmt man noch die beträchtlichen Auslagen für die Entwurfsarbeiten, die von den Turbinenfirmen fast stets ohne Entgelt geleistet werden müssen, hinzu, so ergibt sich eine außerordentlich hohe Vorbelastung, die mit den, selbst von ersten Firmen des Wasserturbinenbaues unter Einwirkung des scharfen Wettbewerbs erzielbaren Preisen nicht hereingebracht werden können. Darüber klagen alle Turbinenfirmen, und deshalb müssen auch so viele Firmen den Wasserturbinenbau aufgeben.

In Erkenntnis dieser Sachlage müßten sich die Besteller, vor allem die Behörden und die großen Elektrizitätsgesellschaften, die ja hauptsächlich für die großen Anlagen in Frage kommen, darüber klar werden, daß die Kosten für den turbinentechnischen Teil einer Wasserkraftanlage gegenüber den Gesamtkosten keine nennenswerte Rolle spielen, daß hier das Beste gerade gut genug ist und daß es unbedingt notwendig erscheint, den Turbinenfirmen auskömmliche Preise zu gewähren, die auch die oben erwähnten hohen Zusatzkosten für Versuche decken. Im Interesse der deutschen Volkswirtschaft müßte es vermieden werden, daß ein so wichtiger Teil unseres Maschinenbaues, dessen Leistungen und Einrichtungen hervorragend und denen des Auslandes mindestens ebenbürtig sind, ohne eigenes Verschulden zu unwirtschaftlichem Arbeiten gezwungen wird. [B 1579]

[13]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 3 S. 81.

Eisen- und Stahlwerk Jamshedpur

Die Eisen- und Stahlwerke[1]) Jamshedpur wurden 1907 erbaut und etwa fünf Jahre später in Betrieb genommen. Zu ihnen gehören große Eisenerzlager (60 und 70 vH Fe und 0,1 vH P), auch genügend Manganerzfunde für eine große Stahlindustrie und eigene Kohlenbergwerke. Die ersten beiden 23,5 m hohen Hochöfen hatten einen Herd von 3,66 m Dmr. und acht Winddüsen bei einer Leistung von 200 t in 24 h. Die Herde wurden später vergrößert, im Kriege wurde ein weiterer Hochofen dazu gebaut und später wurden zwei neue 27,5 m hohe Hochöfen mit Herden von 5,2 m Dmr. errichtet. Die Öfen leisten 600 t in 24 h; jedoch wurde der Herd eines der Öfen auf 5,8 m Dmr. erweitert und leistet nun annähernd 1 t/min Roheisen. Die Koksofenanlage umfaßt Batterien verschiedener Bauart mit und ohne Nebenerzeugnisgewinnung. Die feuerfesten Stoffe für die Hoch- und Koksöfen werden von einer der Gesellschaft gehörigen Firma hergestellt.

In dem Stahlwerk sind ein 300 t-Mischer, sieben Siemens-Martin-Öfen, davon fünf mit je 55 bis 65 t Leistung in einer Hitze und zwei mit je 100 t Inhalt, zwei 25 t-Bessemer-Birnen, zwei Siemens-Martin-Kippöfen für je 200 t und ein 1300 t-Mischer aufgestellt, im alten Werk vier Tieföfen mit Laufkran und Ausziehkran, die ein Trio-Blockwalzwerk mit 1000 mm Walzen-Dmr. bedienen, das von einer 11 000 PS-Galloway-Maschine angetrieben wird. Im neuen Teile des Werkes befindet sich ein Umkehr-Blockwalzwerk mit 1000 mm Walzen-Dmr., das elektrische Kantvorrichtung und mittels Druckwasser betriebene Scheren hat und von einem 5600 PS-Umkehrmotor angetrieben wird, der jedoch bis zu 22 000 PS leisten kann. Außerdem sind noch verschiedene Walzwerke zum Walzen von leichten Schienenprofilen, Trägern, Winkeleisen und Stabeisen vorhanden.

Im neueren Teile des Werkes bedient das Umkehr-Blockwalzwerk ein neues Trio-Schienen- und Fassoneisenwalzwerk mit etwa 750 mm Walzen-Dmr. und drei Gerüsten, von denen das Vor- und Mittelgerüst auf eine Welle arbeiten, während das Fertiggerüst von einem besonderen Motor angetrieben wird. Ferner ist ein kontinuierliches Morgan-Stabeisenwalzwerk neben verschiedenen andern Walzwerken für Feinbleche und kleinere Profile vorhanden. [N 2334]

Ste.

[1]) „The Engineer" Bd. 146 (1928) S. 572.

Der Ruck

Von *P. Melchior*, *AEG, Wiss. Abt., Berlin*

Der bisher in der wissenschaftlichen Technik kaum benutzte Begriff „Ruck" läßt sich zwanglos auf die Ableitung der Beschleunigung nach der Zeit anwenden. Die Bewegungsempfindung hängt vom Ruck stärker ab als von der Beschleunigung. Der Schwellenwert der Bewegungsempfindung ist zu 0,3 m/s³ ermittelt worden.

Wahrnehmung der Beschleunigung

Es ist nicht ungefährlich, einem Worte des täglichen Lebens eine bestimmte technische oder wissenschaftliche Bedeutung beizulegen. Indessen ist die Bedeutung des Wortes „Ruck", so wenig man auch im Schrifttum darüber findet, klar und eindeutig genug, um von der Wissenschaft übernommen werden zu können. Eine Verwechselung mit dem Begriffe „Stoß" ist kaum zu fürchten. Der Stoß hängt eng mit dem Impulsbegriff oder mit der Bewegungsgröße zusammen und bezieht sich auf das Produkt von Geschwindigkeit und Masse. Der Ruck dagegen ist ein kinematischer Begriff, der mit Masse nichts zu tun hat. Eine gewisse Verwechselungsgefahr mit der Beschleunigung besteht allerdings. Tatsächlich hat ein deutscher Eisenbahnfachmann, der den zulässigen Grenzwert der Bremsverzögerung feststellen wollte, diese Verwechselung anscheinend begangen und die physiologische Wirkung der Beschleunigung durch den Druck gegen die Versuchsperson zu messen versucht[1]). Dabei war er zu dem Ergebnis gelangt, daß eine Beschleunigung, die 0,7 m/s² wesentlich übersteigt, so unangenehm empfunden wird, daß sie den Fahrgästen der Eisenbahn nicht zugemutet werden dürfe.

Hierdurch werden wir an die physiologische Bedeutung des Ruckes erinnert. Ist es tatsächlich die Größe der Beschleunigung, die wir als Ruck ansprechen? Wenn ein Wagen mit großer Beschleunigung anfährt oder mit großer Verzögerung bremst, wird die Bewegung von den Insassen im allgemeinen als Ruck empfunden werden. Notwendig ist dies jedoch keineswegs. Es können ganz erhebliche Beschleunigungen vom Körper ertragen werden, ohne daß ein Gefühl des Unbehagens und die Empfindung eines Ruckes stattfindet.

Ein einfaches Beispiel möge dies erläutern. Es macht einem gewandten Turner, Abb. 1, gar nichts aus, in aufgehängten Ringen stehend einen Bogen von ± 90° zu durchschwingen. Die Zentripetalbeschleunigung beträgt hierbei im tiefsten Punkte $2g$; denn einerseits gilt allgemein für die Beschleunigung b die Gleichung

$$b = \frac{v^2}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1);$$

anderseits gilt für die Fallgeschwindigkeit v die Gleichung

$$v^2 = 2\,g\,h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

Im tiefsten Punkt ist die Fallhöhe h bei — 180° Schwingungsweite gleich dem Halbmesser r. Infolgedessen ergibt sich aus Gl. (1) und (2)

$$b = \frac{2\,g\,r}{r} = 2\,g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Im tiefsten Punkt ist die Zentripetalbeschleunigung der Erdbeschleunigung gleichgerichtet. Die Gesamtkraft im tiefsten Punkte, die durch die Seilspannung auf den Turner übertragen wird, entspricht daher einer Beschleunigung $b + g = 3\,g =$ rd. 30 m/s². Das ist also vielleicht das Vierzigfache dessen, was nach der Theorie von Martens für den Menschen als erträglich angesehen werden kann! Wer übrigens diese Turnübung selbst erlebt hat, wird gewiß keinen Ruck dabei gefühlt haben.

Zeitliche Ableitung der Beschleunigung

Worin liegt nun der entscheidende Unterschied zwischen dem Turner und dem Fahrgast im plötzlich gebremsten Zuge? Der Turner befindet sich den gesamten äußeren Kräften gegenüber in *stabilem* Gleichgewicht. Er erträgt das Dreifache seines Körpergewichtes in einer für diese Kraftleistung offenbar besonders geeigneten Körperhaltung. Der Insasse des Wagens, Abb. 2, dagegen ist den Beschleunigungskräften gegenüber in *labilem* Gleichgewicht. Die Körperhaltung wird nur durch

[1]) Vergl. Martens, Dinglers polytechnisches Journal Bd. 324 (1909) S. 709.

Abb. 1 Die Seilspannung geht durch den Schwerpunkt S des ganzen Körpers. Die Gleichgewichtslage des Körpers ist *stabil*; denn der Drehpunkt des Körpers gegenüber dem Seil liegt in den hochgehaltenen Händen.

Muskelanstrengung aufrechterhalten. Die Verzögerung gibt dem Oberkörper relativ zum Fahrzeug eine nach vorn, d. h. in der Fahrt gerichtete Bewegung. Die Resultierende aus Trägheitskraft und Schwerkraft, oder vielmehr die dieser Resultierenden entgegengesetzten Oberflächenkräfte, die den Körper im Gleichgewicht halten, sind dagegen nach rückwärts gerichtet. Wenn also trotz der Vorwärtsbewegung des Oberkörpers das Gleichgewicht erhalten bleibt, so ist hierzu eine zusätzliche Muskelanstrengung erforderlich; unter Umständen müssen überhaupt neue Stützpunkte gesucht werden, um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen.

Hier haben wir nun den Schlüssel: Wenn die Beschleunigung so langsam wächst, daß der Körper bewußt oder unbewußt dauernd in einer (veränderlichen) Richtung gehalten wird, die der jeweilig Resultierenden aus Beschleunigung und Schwere genau entgegensteht, so kann die Beschleunigung erhebliche Werte annehmen, ohne als lästig und störend empfunden zu werden. *Von einem Ruck ist dann keine Rede.* Eine plötzlich einsetzende oder plötzlich aufhörende Beschleunigung, die an sich gar nicht groß zu sein braucht, wird dagegen sehr unangenehm und ausgesprochen als Ruck empfunden. Der Ruck ist also *die Ableitung der Beschleunigung nach der Zeit.*

Dieser hiermit gewonnene kinematische Begriff dürfte ganz allgemeine Bedeutung haben. Er gilt nicht nur für die lineare Bewegung, sondern kann allgemein als vektorielle Ableitung der Beschleunigung aufgefaßt werden. Auch auf die Winkelbeschleunigung und ihre Ableitung kann der Begriff Ruck, in diesem Fall also besser „Winkelruck", übertragen werden.

Physiologischer Schwellenwert des Ruckes

Hiernach haben englische Eisenbahnfachleute[2]) durchaus richtig gehandelt, als sie die Übergangskurven daraufhin untersuchten, daß ihre Krümmung innerhalb gewisser

[2]) W. H. Shortt, A practical method for the improvement of existing railway curves, Proc. Civil Eng. Bd. 176 (1909) S. 97.

Abb. 2 Das Kräftepaar QB S_1B' kippt den Oberkörper, bis ihm Muskelspannung das Gleichgewicht hält. Sobald S_1 aus der Linie QA kippt, tritt zum kippenden Bremsmoment ein Gewichtsmoment hinzu. Das Gleichgewicht des Oberkörpers ist *labil*.

QA senkrechte Auflagerkraft
QB Bremsschub
QR gesamte Auflagerkraft
S_1 Schwerpunkt des Oberkörpers
S_1B' Trägheitskraft des Oberkörpers
S_1R' Gesamtkraft des Oberkörpers

Grenzen stetig verlief. Als Grenze für die Stetigkeit ermittelten sie damals durch Versuche, daß ein Anwachsen der Beschleunigung bis zum Betrage[3]) von 0,3 m/s³ physiologisch noch nicht wahrgenommen wird. Ob dieser gleiche Betrag unter andern Nebenumständen ebenfalls als Empfindungsschwelle zu gelten hat, mögen Physiologen nachprüfen.

Zu einem ähnlichen Schwellenwert des Ruckes, wie ihn S h o r t t gefunden hat, ist auch E. H a l l a d e[4]) gelangt. Er hat Versuche angestellt, um die zulässige Steigung der einseitigen Überhöhungsrampe festzustellen, die bei Beginn und Ende der Eisenbahnkurven eingeschaltet werden muß, um zwischen der Querneigung in der Kurve und der Wagerechten zu vermitteln. Beim Fahren auf dieser einseitigen Überhöhungsrampe wird das Fahrzeug um eine zur Fahrt parallele Achse gedreht. Nach den Versuchen von Hallade wird diese Drehung nicht gefühlt, wenn die Winkelgeschwindigkeit 1,6 °/s nicht überschreitet. Bei größerer Winkelgeschwindigkeit, und zwar von 1,6 °/s bis 4 °/s, wird eine Wellenbewegung, bei über 4 °/s ein Stoß wahrgenommen. Nun entspricht dem Schwellenwerte von 1,6 °/s = 0,028 ¹/s Winkelgeschwindigkeit in absolutem Maß eine vektorielle Änderungsgeschwindigkeit der Schwere relativ zum Körper von 9,81 m/s² · 0,028 ¹/s = 0,28 m/s³, das ist also fast genau der von Shortt angegebene Schwellenwert. Diese Übereinstimmung ist

Abb. 3
Pendelschwingung mit ± 90 ° Schwingungsweite, über dem Winkel φ aufgetragen.

– – – – – Wucht entsprechend einer cos φ-Kurve
–·–·–·– Geschwindigkeit entsprechend einer $\pm\sqrt{\cos\varphi}$-Kurve
–··–··– Bahnbeschleunigung entsprechend einer sin φ-Kurve
– – – – – Zentripetalbeschleunigung entsprechend einer cos φ-Kurve
———— Ruck in tangentialer Richtung entsprechend einer $\cos\varphi \times \sqrt{\cos\varphi}$-Kurve
———— Ruck in radialer Richtung entsprechend einer $\sin\varphi \times \sqrt{\cos\varphi}$-Kurve

merkwürdig, da Hallade seine Versuche mit sehr kurzen Rampen von 5 bis 12 m Länge ausgeführt hat, die in 1 bis 1,6 s durchfahren wurden, ohne daß der gleichzeitige Einfluß der Kurvenkrümmung ausgeschaltet worden wäre. Umgekehrt hat Shortt nur die Krümmung der viel längeren Übergangskurven als Ursache für die Fühlbarkeit der Bewegung in Rechnung gestellt und die Drehung um die Längsachse infolge der Überhöhungsrampe nicht abgesondert. Wenn trotzdem beide Forscher fast gleiche Schwellenwerte gefunden haben, so mag dies darauf zurückgeführt werden, daß zwar nicht in den Einzelheiten, wohl aber im großen und ganzen mechanisch ähnliche Verhältnisse vorgelegen haben.

Bei Eisenbahnkurven, die mit größerem Beschleunigungszuwachs durchfahren werden, fühlen wir also den jedenfalls wohlbekannten Ruck von der Seite. Werte von 0,3 m/s³ werden von Schnellzügen zwar kaum erreicht werden, wenn die Übergangskurve die übliche vorgeschriebene Form hat. Leider aber kann weder die Übergangskurve noch die Hauptkurve mit derselben Genauigkeit auf ihre Krümmung hin untersucht werden, wie die gerade Strecke. Unbeabsichtigte Krümmungsänderungen im Verlauf einer Kurve sind daher nichts Seltenes, im Gegenteil sogar als Regel anzunehmen. Besonders sorgfältige Ausmessungen von Eisenbahnkurven werden dies bestätigen.

Größe des Rucks bei Schwingungen

Bei der h a r m o n i s c h e n S c h w i n g u n g zeigt sich, daß der Ruck am größten in der Mittellage ist[5]).

Der Ruck z wird in Abhängigkeit von der Zeit durch eine Kosinuslinie dargestellt, die gegen die Kosinuslinie der Geschwindigkeit an der Zeitachse gespiegelt ist.

Bei einer P e n d e l s c h w i n g u n g m i t g r o ß e m A u s s c h l a g erfahren die einfachen Schwingungsgesetze zwar Änderungen, behalten aber ihren allgemeinen Charakter im wesentlichen, sofern der Ausschlag + und — 90 ° nicht überschreitet. Gegenüber der einfachen geradlinigen Schwingung treten hier auch Vektoren auf, deren Richtung nicht in der Bahn, sondern vornehmlich auch senkrecht dazu liegt. Ebenso wie außer der Bahnbeschleunigung die Zentripetalbeschleunigung besteht, muß auch der tangentiale und der radiale Ruck unterschieden werden. Der t a n g e n t i a l e R u c k bei 180 ° Schwingungsweite

$$z_t = -\sqrt{\frac{2\,g^3}{r}\,(\cos\varphi)^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

stimmt, als Funktion des Winkels aufgetragen, ungefähr mit der einfachen Kosinuslinie überein und endigt bei ± 90 ° in Spitzen, Abb. 3. Der Ruck wechselt gleichzeitig mit der Geschwindigkeit das Vorzeichen. Der radiale Ruck hat den Wert

$$z_r = -3\sqrt{\frac{2\,g^3}{r}}\,\sin\varphi\sqrt{\cos\varphi} \quad \ldots\ldots \quad (5),$$

so daß zwischen z_r und z_t die einfache Beziehung

$$z_r : z_t = 3\,\mathrm{tg}\,\varphi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

besteht.

Der Ausdruck $\sin\varphi\sqrt{\cos\varphi}$ ergibt, über φ aufgetragen, eine lemniskatenähnliche Kurve, Abb. 3. Die übrigen Faktoren in Gl. (5) sind feste Größen; das Vorzeichen ist ohne Bedeutung, da $\sqrt{\cos\varphi}$ doppeltes Vorzeichen hat. Die Lemniskate ist nicht nur ein Ausdruck des Ruckes, sondern dürfte auch das „Bewegungsgefühl" in gewisser Beziehung treffend darstellen. Von Genauigkeit kann man natürlich hierbei nicht sprechen, weil die Empfindung objektiver Messung unzugänglich ist. Immerhin entspricht sowohl der Nullwert des Rucks in den Umkehrpunkten bei + und — 90 ° und in der Mittellage als auch der Höchstwert zwischen 50 und 60 ° etwa dem Verlauf der Bewegungsempfindung, während die Geschwindigkeit dem ganz anders gestalteten Gesetz $\sqrt{\cos\varphi}$ folgt. Der tangentiale Ruck z_t, der $\cos\varphi\sqrt{\cos\varphi}$ proportional ist, verläuft einigermaßen ähnlich wie die Geschwindigkeit und scheint somit für das Bewegungsgefühl nur von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Nimmt man für den Turner, Abb. 1, eine Pendellänge von 4 m, so ist seine Schwingungsdauer bei kleiner Schwingungsweite 4 s, bei — 180 ° aber 4,7 s. Während einer Viertelschwingung wächst dabei die von den Ringen auf den Körper übertragene Beschleunigung von null auf $3\,g = 30$ m/s², so daß der mittlere radiale Ruck während dieser Zeit etwa 25 m/s³ beträgt. Der Höchstwert ergibt sich für φ zwischen 50 und 60 °, $\sin\varphi\sqrt{\cos\varphi} = 0{,}62$ nach Gl. (5), zu 40,4 m/s³, also dem 130fachen des Schwellenwertes der Empfindung. Offenbar ist mit diesem Betrage noch nicht annähernd die Grenze des Erträglichen erreicht, geeignete Körperhaltung und stabiles Gleichgewicht vorausgesetzt.

Einfluß des Ruckes auf elastisch verformbare Körper

Zu einer bestimmten Beschleunigung gehört eine bestimmte Ruhelage, z. B. eines Wagenkastens. Nur bei Änderung der Beschleunigung bewegt sich der Wagenkasten elastisch gegenüber den Achsen der auf den Schienen rollenden Rädern. Infolgedessen wird z. B. beim be-

[3]) a rate of gain of acceleration of 1 foot per second per second in a second.
[4]) Revue générale chem. de fer Bd. 31 (1908) S. 261.
[5]) Die Formeln für den Ruck und die Herleitung der Gleichungen (4) bis (6) sollen an anderer Stelle veröffentlicht werden.

triebsmäßigen Bremsen in dem Zeitpunkt, wo die Räder gerade zur Ruhe gekommen sind, der Wagenkasten auf den Federn noch in einer der Verzögerung entsprechenden Ruhelage sein. Er federt daher in die Ruhelage des Stillstandes zurück. Im Innern des Wagens wird schon das plötzliche Aufhören der Verzögerung als Ruck empfunden. Das Zurückschwingen des Wagenkastens vergrößert zwar nicht den Ruck macht sich aber infolge der meist sehr starken Reibungsdämpfung als zweiter Ruck in entgegengesetzter Richtung oft noch fühlbarer.

Der Drehruck, den ein Fahrzeug erfährt, liegt wohl stets unter seinem noch unerforschten Schwellenwert der physiologischen Wahrnehmung durch die Insassen. Damit ist aber nicht gesagt, daß die Drehbeschleunigung und ihre Ableitung für die Fahrzeuge praktisch gleichgültig sei. Wenn ein Schienenfahrzeug von der Geraden in eine Kurve ohne Übergangskrümmung einläuft, so wird die Winkelgeschwindigkeit, die das Fahrzeug in der Kurve hat, innerhalb der unter Umständen sehr kurzen Zeit erzeugt, die vom Berühren der vorderen Achse bis zum Einlaufen der hinteren Achse in die Kurve verstreicht. Hiernach kann die Drehbeschleunigung, wenigstens ihrem Mittelwert nach, und bei bekanntem Trägheitsmoment der zusätzliche seitliche Schienendruck errechnet werden. Bei Fahrzeugen mit großem „Überhang“, insbesondere bei unsymmetrischer Lage des Schwerpunktes zu den festen Achsen, können hierbei Kräfte auftreten, die bisher wohl zu Unrecht unbeachtet geblieben sind. Besonders Beginn und Ende der Drehbeschleunigung geben unangenehme Beanspruchungen, weil sie gleichzeitig eine elastische Verformung des Wagengestelles und des Kastens zur Folge haben. Durch Einschalten der Übergangskurven nach den üblichen Regeln, die allerdings schon häufig unter den verschiedensten Gesichtspunkten angegriffen worden sind, wird die Drehbeschleunigung vermindert, ihr plötzliches Einsetzen und Aufhören aber nicht beseitigt.

Die Ruhelage des Wagenkastens relativ zu den Rädern hängt von der jeweiligen Beschleunigung ab, und da die Formänderungen der Federn von den Federkräften, also hier von den Beschleunigungen unmittelbar abhängen, ist die Relativbewegung der Ruhelage ein getreues Abbild der Beschleunigungsänderungen. Wenn die Dämpfung stark genug ist, um freie Schwingungen des Wagenkastens gegenüber den Rädern zu verhindern, und nicht zu stark, um die Einstellung des Wagenkastens in seine jeweilige Ruhelage hinauszuzögern, so wird die Relativbewegung seiner Ruhelage, gegenüber den Radachsen, der Beschleunigung verhältnisgleich sein. Die Geschwindigkeit der Relativbewegung entspricht also dem Ruck. Für die elastische Verformung spielt daher der Ruck eine wesentliche Rolle.

Ruck, Technik und Wissenschaft

Übrigens hat jemand — allerdings ohne auf die Eigenschwingungen und ihre Dämpfung dabei zu achten — einen Beschleunigungsmesser derart bauen wollen, daß er im Fahrzeug ein Pendel befestigte und dessen Schwingungen beobachtete. Die höheren Abgeleiteten, in erster Linie also den Ruck, glaubte dieser Erfinder dadurch erhalten zu können, daß er an dem ersten Pendel ein kleineres zweites und an dem zweiten noch ein kleineres drittes Pendel befestigte. Die Anordnung ist aber unbrauchbar um den Ruck zu messen, wenn nicht durch entsprechende Abstimmungen der Schwingungsdauern der hintereinander geschalteten Pendel und durch geeignete Dämpfung[6]) dafür gesorgt wird, daß die Pendel sich nicht wesentlich von ihrer jeweiligen Ruhelage entfernen können.

Die Erkenntnis, daß für den Ruck nicht die absolute Größe der Beschleunigung, sondern die Ableitung der Beschleunigung nach der Zeit maßgebend ist, mag die Anregung zur Nachprüfung geben, ob gewisse Konstruktionsgrundsätze in allen Fällen richtig sind. Z. B. wird man prüfen müssen, ob die Fahrschalterwiderstände der Straßenbahn zweckmäßig abgestuft sind. In den Straßen Berlins kann man es nicht selten erleben, daß die freie Fahrt behindert ist und die Straßenbahn nicht einmal mit der Geschwindigkeit der untersten Schaltstufe fahren kann. In solchem Falle pflegt der Führer im Wechsel von wenigen Sekunden den Strom ein- und auszuschalten. Gerade bei der ganz geringen Fahrgeschwindigkeit wird dieses Schalten sehr deutlich und unangenehm als Ruck, bald in der einen, bald in der andern Richtung empfunden. Gleichzeitig beansprucht ein solcher Ruck den Wagenkasten. Gelegentlich beobachtet man, daß in solchen Fällen die Fugen des Wagenkastens grob wahrnehmbare Schubbewegungen ausführen. Ebenso kann das Bremsen peinlich wirken, wenn die Bremsverzögerung nicht nach stetigem Gesetz, sondern stufenweise geändert wird, wie es beim elektrischen Bremsen gewöhnlich der Fall ist. In diesen Fällen erfordert die Rücksicht auf die Annehmlichkeit der Fahrgäste und auf die Lebensdauer der Fahrzeuge, in gleicher Weise den Ruck zu verkleinern und unter den fühlbaren Schwellenwert herabzudrücken.

Die Gesetze des Rucks in ähnlich ausführlicher Weise zu behandeln wie die Gesetze der Beschleunigung mag der wissenschaftlichen Kinematik vorbehalten bleiben. Voraussichtlich lassen sich noch mannigfaltigere Beziehungen für die Ruckvektoren der Punkte eines komplan bewegten Systems ableiten als für die Beschleunigungen. Doch ist nicht zu erwarten, daß solche Untersuchungen technischen Wert erlangen, und zwar hauptsächlich deshalb nicht, weil die notwendig vereinfachenden Voraussetzungen der Kinematik den Ruck als dritte Abgeleitete wohl allzu fehlerhaft beeinflussen. Verfolgt man nämlich die genauen Bewegungsvorgänge an ausgeführten Maschinen, so machen sich die mit den Beschleunigungen zunehmenden Massenkräfte in elastischen Verformungen der Körper im ganzen, in veränderlicher Dicke der Ölschicht geschmierter Flächen und in örtlicher Verformung der Oberfläche bereits als deutliche Abweichungen vom „starren“ Körper bemerkbar.

Der Stoßvorgang z. B. führt — rein kinematisch behandelt — auf unendlich große Beschleunigungen und erst recht auf unendlich großen Ruck. Physikalisch dagegen erweisen sich auch beim Stoß die Beschleunigungen von Teilen endlicher Masse ebenfalls als endlich begrenzt, und im Verfolg solcher physikalischen Betrachtungen erscheint auch der unendlich große Ruck endlicher Massen in der Natur schwerlich verwirklicht. Bei endlichen Massen jedenfalls führt eine Änderung der Beschleunigung stets auch zu einer Änderung des Spannungs- und elastischen Verformungszustandes, die unendlich großen Ruck ausschließt. Die Betrachtung unendlich kleiner Bezirke innerhalb endlich ausgedehnter Massen würde zwar weder unendlich große Beschleunigungen noch unendlich großen Ruck ausschließen, doch erscheint dieser Grenzübergang im Hinblick auf die Raumgitterstruktur der Materie durchaus unzulässig.

Infolgedessen wird man auch bei den Mechanismen, die einen möglichst großen Ruck, plötzlich einsetzende Beschleunigung, haben sollen, wie z. B. bei Klinkenauslösungen, stets nur einen endlich begrenzten Ruck erreichen können.

Die Bedeutung des Rucks kommt jedenfalls in Fahrzeugen verschiedenster Art, z. B. auch bei Personenaufzügen, am meisten zur Geltung. Hier verlangt die Rücksicht auf die Lebensdauer des Fahrzeuges in gleicher Weise wie die Rücksicht auf das Wohlbehagen der Insassen, den Ruck innerhalb beschränkter Grenzen zu halten. Welchen Betrag des Ruckes man ohne Unbehagen ertragen kann, ist durch die bisherigen Arbeiten nur ungefähr und vor allem ohne die notwendige Rücksicht auf die Richtung des Ruckvektors zum Körper gemessen worden. Es ist eine vielleicht reizvolle Aufgabe für die Physiologie, solche Messungen für die verschiedenen möglichen Richtungen auszuführen und damit den Ingenieuren die Grundlage für weitere Vervollkommnungen an die Hand zu geben. [B 1860]

[6]) Vergl. DRP 278 237.

Die Sparschleuse bei Bolzum

Von Oberregierungs- und -baurat Dr.-Ing. Goetzke, Hannover

Die 85 m lange, 12 m breite Schleuse für 8 m Gefälle hat zwei offene Sparbecken von je 1670 m² Fläche erhalten, deren Sohlen in verschiedener Höhe liegen. Ausführung der Schützen und Umläufe. Speisung. Bauausführung.

Blick vom Unterwasser in die Schleuse Bolzum.

Durchbildung der Sparschleuse

Die einfache Kammerschleuse bei Bolzum im Stichkanal nach Hildesheim liegt etwa 500 m von seiner Abzweigstelle aus dem Mittellandkanal bei Sehnde entfernt[1]). Sie hat die gleiche lichte Breite von 12 m wie die Hindenburgschleuse bei Anderten[2]), jedoch nur eine nutzbare Länge von 85 m und ein Gefälle von 8 m, Abb. 1 bis 5. Es kann somit ein 1000-t-Kahn allein oder ein 600-t-Kahn mit einem Schlepper zusammen geschleust werden. Mit Rücksicht auf den geringeren Gesamtwasserverlust gegenüber der Hindenburgschleuse sind hier zur Ersparnis des Wasserverbrauchs nur zwei Sparbecken angelegt worden. Sie sind beiderseits der Schleusenkammer als offene und mit Betonmauern eingefaßte Becken ausgeführt, durch die 52,5 vH an Wasser beim Schleusen gespart werden.

Das untere Sparbecken, Abb. 6, liegt östlich der Kammer und mit seiner Unterkante im Mittel auf NN + 65,9 m, dahingegen das obere westlich, Abb. 7, mit der Unterkante auf NN + 68 m. Jedes Becken hat 1670 m² Fläche, die anderthalbfache Kammerfläche. Die aus Beton ohne Verblendung ausgeführten Umfassungsmauern der beiden Sparbecken haben außen umlaufende Entwässerleitungen und die Sparbeckensohlen Tondichtung mit Pflaster erhalten.

Über das Untertor, das als Stemmtorpaar, Abb. 8, mit 12 m Höhe ausgebildet ist, ist die Landstraße Sehnde—Bolzum mittels einer Eisenbeton-Balkenbrücke geführt. Das Obertor ist als Klapptor mit Schwimmkästen ausgebildet, s. Titelbild. Die Umläufe sind nicht durch die ganze Länge der Schleuse durchgeführt, sondern nur im Ober- und Unterhaupt ausgeführt worden. Die beiden Umläufe im Unterhaupt haben Rollkeilschützen erhalten, während im Oberhaupt die unter dem Oberdrempel vom Oberwasser und von den Sparbecken austretenden Umläufe mit offenen Zylinderschützen abgeschlossen wurden.

Um beim langsamen Anheben der Schützen den Durchflußquerschnitt der Umläufe nur allmählich freizugeben, wurde ihre Form in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Charlottenburg, durch Ver-

[1]) s. a. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 14 S. 453. [2]) Bd. 72 (1928) Nr. 41 S. 1457.

Abb. 6
Unteres Sparbecken.

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5

Abb. 1 bis 5
Schleuse Bolzum. 1 : 500.

suche ermittelt. Von der vorgeschlagenen Form einer kegeligen Schürze mußte jedoch wegen mangelnder Bauhöhe abgesehen werden. Es wird, wie ursprünglich vorgesehen war, vorerst probeweise an einer Schütze eine Zackenschürze ausgeführt, deren Spalt sich von 10 mm am Sitz der Schütze auf 20 mm an den Spitzen erweitert. Die senkrechten Abfallschächte im Oberhaupt münden in einer unterirdischen Wasserkammer unter dem Oberdrempel, Abb. 1 bis 4, die das mit großer Wucht ausströmende Wasser beruhigen soll.

Die Wasserkammer liegt mit ihrer Sohle in gleicher Höhe wie die Schleusenkammer, in die die beruhigten Wassermengen durch eine 8 m breite und bogenförmig abgedeckte Öffnung fließen. Sämtliche Verschlußvorrichtungen werden elektrisch angetrieben, für Notfälle ist ein Handantrieb vorgesehen. Ein Pumpwerk am Unterwasser fördert die Versickerungs-, Verdunstungs- und ferner die bei jeder Doppelschleusung 4300 m³ betragenden Verbrauchsmengen an Schleusenwasser ins Oberwasser zurück, und zwar zu den Zeiten, wo der Kanal an seinem südlichen Ende im Hafen Steuerwald der Stadt Hildesheim nicht durch die Innerste gespeist werden kann.

Das Pumpwerk besteht aus zwei Pumpen mit je 450 l/s Leistung, die durch Elektromotoren unmittelbar angetrieben werden. Das Pumpwasser wird durch eine östlich der Schleuse in einer Tiefe von 4 m unter Gelände verlegte eiserne Druckrohrleitung von 800 mm Dmr. in einen Ausgleichbehälter gedrückt, von wo aus eine Zementrohrleitung von 1100 mm Dmr. die Verbindung mit dem Oberwasser herstellt. Sobald aus der Innerste Überschußwasser zum Speisen des Hauptkanals zur Verfügung steht, werden die Druckrohrleitung des Bolzumer Pumpwerks sowie auch die Schleusenumläufe dazu benutzt, Wasser in die untere Haltung abzugeben.

Von der Hindenburgschleuse her wird der Strom durch eine Hochspannungsleitung von 6000 V zum Pumpwerk an der Schleuse bei Bolzum geleitet, wo er auf 280 und 380 V umgeformt und von hier durch Kabel den Antriebmaschinen des Pumpwerks und den Verbrauchstellen der Schleuse zugeführt wird. Die Maschinen sind auf der Schleusenplattform in vier symmetrisch angeordneten Maschinenhäuschen untergebracht, wovon zwei auf dem Ober- und die beiden anderen auf dem Unterhaupt angeordnet sind.

Bauausführung

Der rund 100 000 m³ umfassende Muschelkalkaushub der Schleusenbaugrube wurde von dem Erdarbeitsunternehmer der anschließenden Kanalstrecken, Heinrich Stöcker, Köln-Mülheim, im Rohen mit einem 2 m³-Löffelbagger ausgehoben. Diese jetzt bereits gefüllten Kanal-

Abb. 7
Oberes Sparbecken.

Abb. 1

Abb. 2

strecken waren bisher durch zwei Sperrdämme abgeschlossen, wovon der eine unmittelbar unterhalb der Baustelle und der andere am Ende des oberen Vorhafens lag, so daß der obere Vorhafen als Lagerstelle während des Baues von dem Schleusenbauunternehmer, Peter Büscher & Sohn, Münster, benutzt werden konnte.

Zur Trockenhaltung war am Unterhaupt eine Wasserhaltungsanlage errichtet. Sie umfaßte zwei Pumpensätze, wovon ein Satz als Aushilfe diente und aus je einer Lokomobile von 25 PS und einer Kreiselpumpe von 200 und 150 mm Dmr. bestand. Die eine Pumpe war dauernd in Betrieb und hatte täglich rd. 2100 m³ Wasser bei 15 m Förderhöhe zu heben.

Abb. 8
Untertor der Schleuse Bolzum mit Unterhauptbrücke, Blick nach dem Unterwasser.

Da die Schleuse bei Bolzum erst nach Fertigstellung der Hindenburgschleuse von Schiffen erreicht werden konnte, wurde zur Ersparung von Baukostenzinsen erst im Herbst 1925 von der Bauunternehmung mit dem Feinaushub der Baugrube und mit der Entwässerung der Bausohle begonnen. Ende 1925 waren diese Arbeiten vollendet und die Hälfte der 20 cm dicken Schutzschicht der Sohle eingebracht. Bei der Wiederabsenkung des Wasserstandes im Frühjahr 1926 zeigten sich in den Entwässerröhren Kalkablagerungen, die zur Verstopfung einiger Röhren geführt hatten.

Obwohl nach den bisherigen fortlaufend durchgeführten Wasseruntersuchungen das Wasser entweder unschädlich für Beton war oder höchstens an die Grenze der Schädlichkeit herankam, entstanden dennoch Zweifel, ob das Wasser nicht doch schädlich sei. Die nähere Untersuchung ergab jedoch, daß die Kalkablagerungen nicht durch Zersetzung des Betons, sondern durch Auswaschung überflüssigen Kalkes und aus versickerndem kohlensäurehaltigem Oberflächenwasser entstanden waren.

Die neuesten Wasseruntersuchungen ergaben Sulfatmengen bis zur Grenze der Schädlichkeit. Da aber die erdberührten Flächen der Schleusenkörper Inertolanstrich erhalten hatten, wurde von weiteren Schutzmaßnahmen — es war eine Fluatisierung der Betonflächen in Erwägung gezogen worden — nach Anhören von Sachverständigen Abstand genommen. Mit Rücksicht darauf, daß das Grundwasser später nur stark verdünnt laufen wird, die Umläufe wasserdichten Torkretputz erhalten, der plastische Beton nach den Versuchen in der Versuchsanstalt auf der Schleusenbaustelle zu Anderten sowieso wasserdicht ist und deshalb nur weniger von betonschädlichem Wasser angegriffen werden kann, und daß außerdem die erdberührten Flächen mit Inertol

angestrichen worden sind, ist jede Gefahr für den Betonangriff ausgeschlossen. Für die Sickerkanäle hinter den Sparkammermauern werden sicherheitshalber noch Rohre aus Steinzeug statt aus Zement verwendet.

Die Schleusenkammer hat eine 1,5 m dicke Sohle aus Beton mit kräftigen Eiseneinlagen. Die 12 m hohen Betonseitenwände sind mit der Sohle durch starke Eisen starr verbunden und zum Schutz gegen Beschädigungen durch die Schiffe wie bei der Schleuse Anderten oberhalb des Unterwassers mit Heisterholzer Wasserbauklinkern verblendet, die durch Flacheisenbügel mit dem Beton fest verbunden sind. Die oberen Kanten der Schleusenmauern sind mit sächsischen Granitsteinen eingefaßt, die im Jahre 1921 bei Schleifung der Helgoländer Festungswerke gewonnen wurden. Jede Kammermauer hat drei Dehnungsfugen, eine in der Mitte und je eine an den beiden Häuptern, in die ebenso wie bei der Hindenburgschleuse Bleistreifen mit Bitumenumwickelung einbetoniert sind.

Bis Ende des Jahres 1926 war der gesamte Schleusenbeton bis auf die obere Plattform mit ihren verschiedenen Aussparungen fertig hergestellt und bis zu den Sohlen der beiderseitigen Sparbecken hinterfüllt sowie die Brücke über das Unterhaupt betoniert und eingerüstet.

Im ganzen waren rd. 19 700 m³ Beton herzustellen; davon entfallen rd. 800 m³ auf die Schleusenschutzschicht, rd. 5000 m³ auf den Schleusensohlenbeton mit 460 t Eisenbewehrung und rd. 1600 m³ auf den Beton der unteren Sparbeckenmauern, während der Rest von 12 300 m³ auf die Schleusenmauern und Häupter entfällt. Im Jahre 1927 wurden die Schützen und im Anschluß daran die eisernen Tore eingebaut. Das Klapptor und die Stemmtore sind von der Firma Friedrich A. Seebeck, G. m. b. H., Wesermünde, und die eisernen Schützen von der Freund-Starkehoffmann-Maschinen-A.-G., Berlin-Schöneberg, der auch die Triebwerke für die Schleusentore übertragen waren, einschließlich sämtlicher Triebwerke, betriebfertig geliefert worden. Die elektrische Einrichtung, wozu auch die Lieferung der Antriebmotoren, Apparate und Kabel gehört, hat die AEG, Berlin, ausgeführt.

Nördlich schließt an die Schleuse der im Einschnitt liegende 500 m lange untere Vorhafen an, der eine Sohlenbreite von 45 m und beim normalen Wasserstand eine Tiefe von 3 m hat und den im Range liegenden Schiffen als Liegeplatz vor dem Durchschleusen dient. Der obere Vorhafen ist ähnlich wie der untere ausgebildet und war gegen die normale bereits früher fertiggestellte Oberwasserstrecke durch einen Querdamm abgeschlossen. Mit elektrischen Spills werden die Schiffe in die Schleuse eingeholt und wieder herausgezogen.

Im Jahre 1928 wurden die beiden Querdämme im Ober- und Unterwasser mittels Greiferbaggers, der als Raupenschlepper arbeitete, entfernt, nachdem beiderseits der Dämme der Wasserspiegel auf die gleiche Höhe angestiegen war. Die Schleuse bei Bolzum ist gleichzeitig mit der Hindenburgschleuse im Juni 1928 in Betrieb genommen worden. Damit ist die Kanalstrecke von Misburg bei Hannover bis zur Stadt Peine und der Stichkanal von Sehnde bis nach Hildesheim betriebfertig hergestellt, so daß eine neue 45 km lange Strecke des Mittellandkanals dem Schiffahrtsverkehr übergeben worden ist.

[B 1770]

Abb. 1. Vorderansicht.

Abb. 2. Rückansicht.

Abb. 1 und 2
Revolverdrehbank mit Einzelantrieb von Max Hasse & Co. A.-G., für 40 mm Werkstoffdurchgang bei 175 mm Spitzenhöhe.

a Drehstrom-Kurzschlußmotor, polumschaltbar
b Motorschaltkasten für zwei Drehzahlen, Rechts- und Linkslauf
c Handhebel für den Werkstoffvorschub mit selbsttätiger Spannzange
d Fußhebel für zweistufiges Rädervorgelege
e Schalthebel für den Revolverkopf
f Selbsttätige, verstellbare Längsanschläge für die acht Werkzeuge
g Handrad mit Hebel für den Vorschub
h Patronensupport zum Gewindeschneiden
i Verstellbare Leitvorrichtung zum Formdrehen } in Abb. 2.
k Aufklappbarer Führungsstift dazu

Revolverdrehbank mit Einzelantrieb

Für Stangenarbeiten bis zu 40 mm Dmr. baut Max Hasse & Co., A.-G., Berlin, eine neue Revolverdrehbank für 175 mm Spitzenhöhe mit Einzelantrieb, Abb. 1 und 2. Der Drehstrom-Kurzschlußmotor für 2 PS mit Polumschaltung für zwei Drehzahlen: 1500 und 750 U/min, sowie für Rechts- und Linkslauf ist an den Spindelkasten unmittelbar angeflanscht. Statt des vorderen Lagerschildes ist ein Zwischenstück mit Luftschlitzen vorhanden; der Sitz des vorderen Kugellagers befindet sich am Spindelkasten.

Die gehärteten und geschliffenen Zahnräder im Spindelkasten laufen in einem Ölbad; sie liefern zwei weitere Spindelgeschwindigkeiten, die durch einen Fußhebel eingeschaltet werden. Die Spindeldrehzahlen betragen 185, 375, 750 und 1500 U/min; bei dem größten bearbeitbaren Durchmesser von 40 mm ergeben sich damit Schnittgeschwindigkeiten von rd. 23 bis 189 m/min. Die letztere hohe Geschwindigkeit dient zum Bearbeiten von Leichtmetall. Die Spindel mit 50 mm Bohrung läuft in Gleitlagern, den Axialdruck nimmt ein Kugellager auf, das vorn liegt, damit sich die Spindel bei Erwärmung frei ausdehnen kann und die Arbeitsgenauigkeit nicht beeinträchtigt wird.

Der Revolverkopf hat acht Werkzeuglöcher von je 22 mm Dmr.; für jedes Werkzeug ist ein verstellbarer Längsanschlag vorhanden, der beim Schalten des Revolverkopfes selbsttätig mitgeschaltet wird. Ein aufklappbarer Führungsstift, der an einem verstellbaren Lineal oder einer Leitkurve entlanggleitet, ermöglicht Form- oder Kegeldreharbeiten. Der Revolverkopf wird mit der Hand vorgeschoben; zum Gewindeschneiden ist ein Patronensupport vorhanden. [M 2238] Parey

Berichtigung

Wirkungsweise der Kistennagelmaschine

In Z. Bd. 72 (1928) Nr. 45 muß es auf S. 1648, 2. Abs., 22. Zeile richtig heißen: „Der kleinste Nagelabstand beträgt **30 mm**. [N 2318]

Bauen im Winter und die Praxis in Nordamerika

Von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. H. Griesel, Berlin

Die Nachteile im Baugewerbe infolge des Saisonbetriebes. — Das Bauen im Winter: die schädlichen Einwirkungen des Frostes auf die Bindemittel: Mörtel und Zemente, und damit auf die Standsicherheit der Bauwerke. Die Verhütung der Frostgefahr bei den Bauausführungen im Winter; die nordamerikanische Praxis und ihre Nutzanwendung.

Wegen der schädlichen Einwirkungen des Frostes auf die bauliche Zuverlässigkeit der aus Mauersteinen oder Beton hergestellten Bauwerke, wenn diese im Winter ohne besondere Vorkehrungen gegen die Frostgefahr im Freien errichtet werden, ruhen solche Bauausführungen — von dringenden Fällen abgesehen — bei uns während der kalten Jahreszeit 2 bis 3 Monate. Starke Arbeitslosigkeit im Baugewerbe und Rückgang des Beschäftigungsgrades in der Baustoffindustrie und den sonstigen von der Bautätigkeit beeinflußten Industrien in den Wintermonaten sind die Folge[1]). Weiter führt diese nicht gleichmäßige Ausnutzung von Organisationen und Betriebseinrichtungen zu hohen Festkosten und damit zu höheren Baukosten im allgemeinen.

Die Schwierigkeiten für das Bauen im Winter

Diese wirtschaftlichen Nachteile lassen sich nur in dem Maß verringern, wie es gelingt, die Bautätigkeit auch im Winter ohne Gefahr für die Standsicherheit der zu errichtenden Bauwerke bei Frost fortzusetzen. Hierbei kann es sich aber wegen der höheren Kosten fast nur um die Fortführung größerer für die Dauer bestimmter Stein- oder Betonbauten handeln, bei denen die Baustoffe, soweit sie den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt bleiben, wetterbeständig sein müssen, also von Frost nicht angegriffen werden dürfen. Den schädlichen Einflüssen des Frostes bei solchen Bauausführungen unterliegen daher ausschließlich die Bindemittel: Mörtel und Zemente, bis sie die erforderliche statische Festigkeit erlangt haben. Da aber die Stand- und Tragfähigkeit solcher Bauwerke von der Verkittung ihrer Baustoffe abhängt, wird sie um so größer sein, je besser sich die Bindekraft des verarbeiteten Mörtels oder Zementes neben ihrer Güte und guten Verarbeitung auswirkt. Diese setzt voraus eine gute Haftfähigkeit an den verwendeten Baustoffen, den künstlichen oder natürlichen Steinen und Betonzuschlägen, dem Sand, Kies oder Schotter, und ein ungestörtes Erstarren und Erhärten während des sogenannten Abbindevorganges der Bindemittel. Beide: Haftfähigkeit und Abbindevorgang, können im Winter durch den Frost nicht nur beeinträchtigt, sondern auch ganz aufgehoben und verhindert werden.

Die Haftfähigkeit des Kalk- oder des verlängerten Zementmörtels an den Ziegel- oder natürlichen Mauersteinen oder des Zementes an den Betonzuschlägen wird teilweise oder ganz unterbunden, wenn die Oberflächen dieser Baustoffe bei ihrer Verwendung teilweise oder ganz mit einer Eiskruste überzogen sind, die später schmilzt, so daß damit jede Bindung aufhört. Der Abbindevorgang beim Mörtel oder Beton wird bei Frost verzögert, wenn die Eigenwärme, die diese bei dem Erstarren und danach einsetzenden Erhärten erzeugen, durch die Kälte aufgezehrt wird, und ganz verhindert, wenn die Stoffe während des Abbindevorganges gefrieren. Besonders empfindlich gegen Frost ist der abbindende Beton; wenn er dann gefriert, verliert er seine Abbindefähigkeit, weil das beim Betonmischen zugesetzte Wasser bei der Eisbildung sein Volumen vergrößert und die kristallinische Gefügebildung des Betons, die bei seinem Erstarren einsetzt und die Voraussetzung für seine spätere Festigkeit ist, vollständig sprengt und zerstört oder bei der Entstehung vernichtet. Diese Gefahren des Frostes für die Bindemittel müssen bei der Ausführung solcher Bauwerke im Winter beseitigt und verhindert werden.

Hierzu ist erforderlich, die Ziegel- und sonstigen Mauersteine, wenn sie mit einer Eiskruste überzogen sind, und die Betonzuschläge, Sand, Kies oder Schotter, wenn sie zu Klumpen gefroren sind, vor ihrer Verwendung aufzutauen; ferner den Frost von dem zu verarbeitenden Mörtel oder Beton so lange durch Wärmezufuhr fernzuhalten, bis er ihrem Abbindevorgang nicht mehr schädlich ist. Das kann durch Vorwärmen der Baustoffe und durch so lange währendes Warmhalten der hergestellten Bauteile, als erforderlich ist, bewirkt werden.

Da diese Maßnahmen zusätzliche Kosten bei der Bauausführung verursachen, muß eine solche Wärmezufuhr so wirtschaftlich, d. h. räumlich und zeitlich so eng begrenzt wie irgend möglich durchgeführt werden, damit sie in den wirtschaftlichen Grenzen bleibt. Mithin dürfen die hierfür zu treffenden Vorkehrungen und Einrichtungen keine Einzelmaßnahmen sein, die den jeweiligen, von der Notwendigkeit des Augenblicks eingegebenen Bedürfnissen entspringen, sondern müssen als organisches Glied der gesamten Bauausführung im Bauplan enthalten sein; ferner muß die Bauweise einen schnellen Baufortschritt ohne Wärmeverschwendung gewährleisten.

Wirtschaftliche Grenzen der Winterbauten

Hieraus ergibt sich weiter, daß nicht alle größeren baulichen Neuanlagen für die Ausführung im Winter geeignet sind. Man wird vermeiden, in der kalten Jahreszeit größere Erd- und Dammbauten durchzuführen, weil sie sich meistens über große Flächen, die wegen der hohen Kosten nicht unter Wärmeschutz gehalten werden können, erstrecken und dann bei Frost der einzubauende Boden schon während des Lösens und Transportes gefriert, so daß sein Einbau erschwert wird und beim Auftauen im Frühjahr Senkungen eintreten, die kostspielige Nacharbeiten erforderlich machen. Ferner ist die Herstellung ausgedehnter Betonflächen, wie Betonstraßen und -fahrbahnen, im Freien unwirtschaftlich, weil infolge ihrer großen Ausstrahlungsflächen der Frost nur bei stärkster Wärmezufuhr und bestem Wärmeschutz von ihnen ferngehalten werden kann. Daher kommen als Winterbauten Brunnengründungen, Tunnel- und Stollenbauten, große Stütz- und Futtermauern sowie vor allem Hochbauten in Frage. Die hierbei anzuwendende Bauweise muß eine Massenzubereitung und einen Masseneinbau der Baustoffe auf engstem Raum und in kürzester Zeit zulassen, was vorzugsweise auf Betonbauten zutrifft. Das Mauern mit Ziegel- oder sonstigen Mauersteinen erfordert verhältnismäßig lange Zeit und anderseits macht die Erhärtung des Kalk- oder verlängerten Zementmörtels längeren Frostschutz als bei Betonbauten notwendig. Nur das Ausmauern von Tunneln und Stollen wird sich mit gutem Erfolg ausführen lassen, weil sich bei einer zweckmäßigen Abdichtung der Ein- und Ausgänge der Frost aus dem Innern dieser Bauwerke leicht fernhalten läßt.

Da bei

Betonbauten

die Festigkeitsprüfungen für den mit normalem Portlandzement hergestellten Beton sich auf eine gewöhnliche Lufttemperatur von 15 bis 20 °C beziehen und in starken Betonmauern bei einem normalen Verlauf des Abbindevorganges eine Eigentemperatur von etwa 30 °C entsteht, so darf diese Voraussetzung für einen günstigen Verlauf des Abbindevorganges nicht allzusehr im ungünstigsten Sinne verschoben werden. Denn je mehr der Beton durch kalte Außentemperatur abgekühlt wird, was bei dünnen Mauern und Decken in dünner Schalung sehr schnell eintritt, desto mehr verzögert sich seine Abbindung und um so länger muß er in der Schalung und vor jeder Erschütterung und Beanspruchung geschützt bleiben. Gefriert er bereits vollständig bei seinem Einbau, dann wird er vollständig unbrauchbar und fällt beim Ausschalen oder Auftauen als eine bröcklige oder lose Masse auseinander. Diese schädlichen Einflüsse des Frostes sind die

[1]) s. a. VDI-Nachrichten 1928 Nr. 40 S. 7.

Abb. 1
Anwärmbares Silo für Betonzuschläge mit Transportband-Abförderung.
a Heizrohrroste *b* Förderband

Ursachen der häufigen Einstürze und Bauunfälle bei den im Winter ausgeführten Betonarbeiten. Daher soll die von außen an den frischen Beton herankommende Luft in den ersten fünf Tagen nicht unter 5 °C haben.

Weiter ist bei der Betonbereitung der Wasserzusatz von besonderer Wichtigkeit, indem nur soviel Wasser zugesetzt werden darf, als zur Erlangung eines plastischen Betons erforderlich ist, d. h. der einzubauende Beton muß gerade die Fähigkeit haben, durch seine eigene Schwerkraft noch die Ecken der Schalung selbsttätig gut auszufüllen oder beim Eisenbeton die Eisenbewehrung gut einzuhüllen. Ein größerer Wasserzusatz wirkt schädlich, er setzt nicht nur die Festigkeit, sondern auch den normalen Abbindevorgang stark herab.

Eine höhere als die normale Festigkeit kann in den ersten fünf Tagen bei einem mit normalem Portlandzement herzustellenden Beton durch größeren Zementzusatz, innigeres und längeres Mischen, Zusetzen einer 2 bis 4 vH enthaltenden Lösung von Kalziumchlorid und Haltung unter feuchter Luft von etwa 20 °C erreicht werden; diese Maßnahmen dürften jedoch nur anzuwenden sein, wenn die Bauausführung die dadurch entstehenden höheren Kosten rechtfertigt. Dies gilt auch für die Verwendung von hochwertigen Zementen, die beim Abbindevorgang eine höhere Eigenwärme als der normale Portlandzement erzeugen und dadurch mehr gegen Frost geschützt sind; ferner übersteigt ihre Anfangsfestigkeit in den ersten 3 bis 5 Tagen wesentlich die des normalen Portlandzementes.

Amerikanische Praxis beim Bauen im Winter

In Nordamerika ist seit den letzten Jahren bereits eine größere Stetigkeit im Beschäftigungsgrad des Baugewerbes und damit in der Bauindustrie erzielt worden, weil dort die Bautätigkeit jetzt im Winter nicht mehr wie sonst wegen der Frostgefahr zum Stillstand kommt und die hierbei durchgebildeten technischen Verfahren für solche Bauausführungen durch Vereinheitlichung zu einem gewissen Abschluß gekommen sind. Deshalb sollen sie, soweit man sie für deutsche Verhältnisse als verwendbar betrachten kann, hier kurz erörtert werden[2]). Obgleich nicht zu verkennen ist, daß die amerikanischen Bauverhältnisse von den unseren wesentlich verschieden sind, so lassen sich doch viele Erfahrungen und ihre Nutzanwendungen mit Vorteil verwerten.

Betonbereitanlagen mit Anwärmeinrichtungen

Abb. 1 zeigt einen offenen Kies- und Sandbehälter, in dem die Betonzuschläge durch einen eingebauten Heizrohrrost *a* aufgetaut und, wenn nötig, auch für die Betonbereitung vorgewärmt werden können. Die so vorbereiteten Betonzuschläge laufen unter dem Behälter auf einem Förderband *b* ab und werden von diesem nach der Betonmischanlage befördert. Bei großen Förderanlagen läßt sich ein solches Förderband zum Schutz gegen Frost oder zu starke Abkühlung der vorgewärmten Zuschläge leicht einbauen.

[2]) Vergl. hierzu: Engineering News-Rec. Bd. 99 (1928) S. 332, 391, 421. 466, 506, 544. 579 u. 674 u.f.

Abb. 2
Eingebaute Beton-Mischanlage mit anwärmbarem Silo für die Betonzuschläge und angebautem Bauaufzug.

a Heizrohrroste
b Betonmischer
c Betonkübel
d Bauaufzug
e Behälter für Betonzuschläge
f Zementlager
g Zementsackrinne
h Sand- und Kiesrinne
i Heizbarer Wasserbehälter
k Zementsackreiniger
l Fülltrichter

Abb. 3
Eingebaute Betonmischanlage. Die Betonzuschläge werden in Kastenrutschen aufgetaut und vorgewärmt. Der Betonmischer entleert auf schmalspurige Plattformwagen.

a Betonzuschläge
b Betonmischer
c Kastenrutsche
d Falltür
e Betonkübel
f heizbarer Wasserbehälter

Die in Abb. 2 dargestellte Anlage ist räumlich gedrängt und geschützt eingebaut, so daß beste Wärmeausnutzung gewährleistet ist. Zum Auftauen oder Vorwärmen der Zuschlagstoffe dienen wieder Heizrohrroste *a*. Der Mischer *b* entleert unmittelbar in den Betonkübel *c*, der neben dem Bauaufzug *d* in einem besonderen Aufzug läuft.

Bei der Anlage, Abb. 3, lagern die Betonzuschläge *a*, Sand, Kies oder Schotter, getrennt im Freien. Bevor sie zur Betonmischanlage gelangen, werden sie durch nebeneinanderliegende Kastenrinnen *c* von entsprechender Länge und geräumigem Querschnitt, in denen Heizrohre eingebaut sind, aufgetaut oder noch vorgewärmt. Der Betonmischer *b* entleert in Betonkübel *e*, die auf schmalspurigen Plattformwagen zum Kran an der Einbaustelle gebracht werden.

Das für die Betonbereitung verwendete Wasser wird gewöhnlich in dem Wasserbehälter *f* durch eine eingebaute Heizschlange mittels Abdampfes stark vorgewärmt, weil

Abb. 4
Betonbrunnengründung.

a Dampfringleitung
b Klappe für das Einbringen des Betons
c Zeltbahnhülle
d eiserne Schalung

Abb. 5
Stütz- oder Futtermauer aus Beton.

a Zeltbahnhülle
b abknöpfbare Klappe
c Ölbrenner
d_1 Oberkante des alt eingebrachten Betons
d_2 Oberkante des frisch eingebrachten Betons
e aufgehängte Koksöfen
f, f_1 Laufbahn
g Spreize
h Schutzblech für die Holzschalung

es ein gutes Wärmespeichervermögen infolge seiner geringen spezifischen Leitfähigkeit hat, also die hierdurch dem Beton zugeführte Wärme am besten ausgenutzt wird. Es kann selbst kochendes Wasser verwendet werden, da dieses durch die Zuschlagstoffe wieder schnell abgekühlt wird. Die Betonzuschläge selbst haben kein großes Wärmespeichervermögen; man wärmt sie daher nur bei starker Kälte und größeren Förderwegen des frischen Betons vom Mischer bis zur Einbaustelle vor, wenn eine zu starke Abkühlung eintreten kann.

Bei größerer Kälte kühlt sich der Beton nicht nur durch die Entstehung größerer Ausstrahlungsflächen mit starker Luftbewegung während des Mischens, sondern auch durch den verhältnismäßig großen Umfang der eisernen Trommel stark ab, die daher ein guter Leiter für die Wärme nach außen an die kalte Außentemperatur ist. Um nun die den Betonzuschlägen und dem Anmachewasser zugeführte größere Wärme dem Beton während des Mischens zu erhalten, werden, besonders bei freistehenden Mischern, die Flammen von Pechfackeln oder Ölbrennern in die Mischtrommel geleitet; mit diesen verschiedenen Wärmezuführungsarten läßt sich, wenn nötig, die Anwärmung des Betons bis zu 30 bis 50 ° C erreichen.

Abb. 6
Betonhochbauten.

a_1, a_2, a_3 Koksofenreihen *b* Querbalken als Traglager für die Lattengerüste *c* Befestigung der Querbalken an der Eisenbewehrung *d* Lattengerüst als Auflager für die Zeltbahnen *e* Deckenzeltbahnschutz *f* seitlicher Zeltbahnschutz *i* Öffnung 20×100 cm² *g* Fenster oder zeitweilig ausgesparte Öffnungen für den Wärmedurchzug *h* Außenmauer (besonderer Frostgefahrpunkt)

Nach einer solchen starken Anwärmung kann der Beton, selbst bei strenger Kälte, auf weite Strecken vor dem Einbau befördert werden, ohne sich über das zulässige Maß abzukühlen, und behält auch in starker Holzschalung während mehrerer Tage einen hohen Wärmegrad bei, wodurch das Abbinden sehr begünstigt wird. Es ist immer zu beachten, daß jede vor dem Einbau des Betons eingebüßte Energie für die spätere Erhärtung, also die erreichbare Festigkeit unwiederbringlich verloren ist.

Der Einbau des Betons unter Wärmeschutz

Der übliche Wärmeschutz wird durch entsprechende Zeltbahn-Schutzgerüste hergestellt, unter denen Öfen aufgestellt oder andre Heizkörper angebracht werden. Die benutzten Zeltbahndecken bestehen aus zusammenknüpfbaren, in ihren Abmessungen festgelegten Zeltbahnen mit eingenähten Ringen für allseitige Haltetaue und das Zusammenhalten der einzelnen Bahnen. Für das Einbringen des Betons sind oft besondere Klappen an den entsprechenden Stellen vorgesehen. Der Zwischenraum zwischen Zeltschutzdecke und Betonwand oder -decke wird möglichst klein gehalten, womit man gute Wärmeausnutzung erreicht, er beträgt etwa 30 cm, falls er nicht gleichzeitig als Arbeitsraum dient.

Abb. 4 zeigt die Ausführung einer Brunnengründung unter Wärmeschutz. Am unteren Teil der äußeren Schalung ist eine ringförmige, mit Löchern versehene Dampfleitung *a* aufgehängt. Über dem Brunnenkranz sind in der Zeltdecke *c* entsprechende Klappen *b* für die Einbringung des Betons angeordnet; durch diese kann nach genügender Erhärtung des Betons mittels eines Kranes oder Wippmastes die Schalung *d* mit der Dampfleitung und der Zeltschutzdecke gleichzeitig hochgezogen werden.

Für die Errichtung von Stütz- oder Futtermauern verwendet man ein Gerüst, Abb. 5. Die seitliche Zeltbahnhülle *a* wird mit der Schalung gleichzeitig hochgezogen; die Deckzeltbahn *b* ist leicht abnehmbar. Zur Heizung unter dem Schutzgerüst dienen Ölbrenner *c* oder ähnliche Heizkörper. Damit der untere Teil des Schutzgerüstes gut erwärmt wird, da an der Berührungsstelle des alten und frisch eingebrachten Betons *d* die größte Frostgefahr besteht, hat man hierunter Koksöfen *e* auf-

gehängt, deren Wärmestrahlung unter das Schutzgerüst geht. Zum weiteren Schutz des oberen Betons in der Schalung leitet man, wenn angängig, das Kondensat aus den für die Betonbereitung verwendeten Heizschlangen im natürlichen Rücklaufgefälle über die Betonoberfläche.

Die für Betonhochbauten üblichen Wärmeschutzvorrichtungen zeigt Abb. 6; bei dieser Anordnung des Zeltbahngerüstes werden die Außenwand und die Decke des oberen Stockwerks ausgeführt. Etwa 20 cm über der herzustellenden Decke werden durch Klemmen hölzerne Querbalken *b* an der aufgestellten Eisenbewehrung *c* der Außen- und Zwischenmauer, die für sie als Unterstützung dienen, befestigt und hierauf Lattengerüste *d* als Auflager für die Zeltbahndecke *e* gelegt. Die seitliche Zeltbahnhülle *f* der Außenmauer wird möglichst tief heruntergezogen, damit der Wärmeschwaden von der Koksofenreihe a_1, die möglichst dicht an die Innenfläche der Außenwand aufgestellt wird, durch die Fenster oder nur zeitweilig ausgesparten Öffnungen *g* gut nach außen unter die Zeltbahnhülle streichen kann und damit die Stelle *h* der Außenmauer sicher geschützt ist. Für die weitere Innenerwärmung dienen die Koksofenreihen a_2 und a_3 auf der bereits abgebundenen Decke. Zur Erwärmung des Zwischenraumes über der neu herzustellenden Decke werden in ihr behelfsmäßige Öffnungen *i* von etwa 20×100 cm² in entsprechenden Abständen als Wärmedurchzug ausgespart.

Der Erhärtungs- oder Festigkeitsfortschritt des Betons wird laufend nachgeprüft, um Bauunfälle usw. zu vermeiden.

Bei der Ausführung von Mauerwerk bleiben die in Abb. 4 bis 6 dargestellten Wärmeschutzgerüste dieselben, es wird dann noch das Arbeitsgerüst mit eingebaut.

Für die Winterbauten müssen auch die

B a u m a s c h i n e n

besonders geeignet sein, weil sie unter andern als den gewöhnlichen Bedingungen arbeiten und der Frost ihnen möglicherweise schon während kurzer Betriebspausen schaden kann. Die D a m p f m a s c h i n e n bedürfen der sorgfältigsten Wartung, und ihr Kessel- und Kondensationswasser in den Zylindern usw. muß schnell und vollkommen abzulassen sein, damit nicht durch Eisbildungen in der Maschine die Ventile usw. undicht oder gesprengt werden. Ferner sind Einrichtungen für das Vorwärmen von Kesselspeisewasser vorzusehen, um schnelle Betriebsbereitschaft sicherzustellen. Auch bei den V e r b r e n n u n g s m o t o r e n können kleine Rückstände von Kühlwasser durch Eisbildung die Kühlanlagen sprengen.

Bei allen Maschinen, die unter der Einwirkung des Frostes arbeiten, ist auf geringe Zähigkeit und gute Schmierfähigkeit der benutzten Ö l e u n d F e t t e bei niedriger Temperatur zu achten. Dampfleitungen müssen möglichst kurz sein, um nicht zuviel Energieverluste durch die Dampfabkühlung zu erleiden.

Weniger Wartung und geringeren Wärmeschutz erfordern die Druckluftleitungen, aber in ihnen sind Heizstellen und Vorkehrungen für die Ableitung der Feuchtigkeit, die sich durch die Abkühlung der Druckluft niederschlägt, zu treffen. Unempfindlich gegen den Frost bleiben die elektrischen Leitungen, sowie die neueren Bohr- und Stemmgeräte mit elektrischem oder Druckluftantrieb. Immerhin ist die Bruchgefahr bei den Maschinen und Werkzeugen, die im Freien bei starkem Frost in Betrieb genommen werden, größer, als bei Arbeiten unter gewöhnlichen Verhältnissen. Für den Kraftfahrzeugpark ist eine gut heizbare Garage vorzusehen, um die Fahrzeuge stets fahrbereit zu haben.

Besondre Sorgfalt und Wartung bedarf die W a s s e r v e r s o r g u n g einer Winterbaustelle. Alle Leitungen, bei denen die Gefahr des Einfrierens besteht, müssen schnell und selbsttätig bei Abstellung der Zapfstelle leer laufen und zum Durchblasen von Abdampf leicht zugänglich sein. Für die notwendige Erwärmung der Wasserbehälter dienen der Abdampf von den Dampfkesseln oder die Abgase von dem Verbrennungsmotor. [B 2012]

Turbinendampfer „Viceroy of India“ mit elektrischer Kraftübertragung

Unter den kurz vor der Vollendung stehenden bemerkenswerten Fahrgast- und Frachtdampfern der Handelsschiffahrt verdient der turboelektrisch angetriebene Dampfer „Viceroy of India“ der Peninsular and Oriental Steam Navigation Co., der zur Zeit auf der Werft von Alexander Stephen & Sons in Linthouse bei Glasgow im Bau ist, besondere Beachtung, weil er das größte bisher mit elektrischem Antrieb versehene Schiff der Welthandelsmarine ist. Dieser Dampfer, der 19 000 B.-R.-T. und 25 000 t Wasserverdrängung haben wird, ist für 19 Kn Geschwindigkeit gebaut und wird im Dienst nach dem Fernen Osten Verwendung finden.

Zum Antrieb dient eine Maschinenanlage von etwa 17 000 PS Wellenleistung, die aus sechs Wasserrohrkesseln, Bauart Yarrow, für 24½ at Überdruck und Überhitzung auf 371 °, gespeist wird. Die Kessel haben Luftvorwärmer. Zwei kleinere Zylinderkessel liefern den für Hafenbetrieb erforderlichen Dampf. Die Ölfeuerung arbeitet mit Brennern der Clyde-Bauart; alle Pumpen für die Ölfeuerung werden elektrisch angetrieben. Die Maschinenanlage, gebaut von der British Thomson-Houston Co., Rugby, umfaßt zwei Drehstrom-Turbodynamos für je 9000 kW bei 2700 U/min. Der Dampf der Curtis-Turbinen wird in Weir Regenerativ-Kondensatoren niedergeschlagen. Die Stromerzeuger haben Luftumlaufkühlung mit Rückkühler.

Zum Antrieb der Schraube dienen zwei Synchronmotoren für 109 U/min, ebenfalls mit Luftumlaufkühlung sowie mit elektrischer Umsteuerung. Zum Manövrieren und zur Rückwärtsfahrt steht die volle Maschinenleistung zur Verfügung; man erwartet, daß das Umsteuern der Schrauben bei voller Fahrt von 18 Kn auf voll Rückwärtsdrehen innerhalb 30 s durchführbar ist. Gleich hinter den Antriebsmotoren liegen die einscheibigen Michell-Drucklager, die eine hydraulische Vorrichtung zum Messen des Schraubenschubes haben.

Man erwartet, daß der Dampfverbrauch in den schnelllaufenden Turbinen so gering sein wird, daß die Verluste durch die elektrische Übertragung die Gesamtwirtschaftlichkeit nur in geringem Maß beeinflussen. Die Maschinenanlage wird vibrations- und geräuschlos arbeiten. Das Schiff kann auch mit einer Turbodynamo allein mit etwa 16½ Kn fahren, wobei für längere Zeit nur vier Kessel in Betrieb zu sein brauchen. Von den Hilfsmaschinen sind nur die Turbopumpen, die den Kesseln das bis auf 149 ° vorgewärmte Speisewasser zuführen, nicht elektrisch angetrieben. Zur Vorwärmung in drei Druckstufen dient der Abdampf der Speisepumpen und Anzapfdampf von den Hauptturbinen.

Alle Hilfsmaschinen auf Deck sowie im Maschinenraum werden durch Austin-Motoren mit gleichbleibender Stromstärke angetrieben, die sich auf englischen Schiffen für den Antrieb von Hilfsmaschinen in steigendem Maß einführen und gut bewährt haben. Dieser Antrieb arbeitet, ähnlich wie der Dampfantrieb, mit Drehzahlen, die sich bei stärkerer Belastung verringern, wobei gleichzeitig das Drehmoment vergrößert wird. Der verwendete Gleichstrom mit veränderlicher Spannung wird in zwei besonderen Umformern erzeugt. („The Shipbuilder“ Oktober 1928, „The Shipping World“ 12. September 1928) [N 2258] C.

Über Säurekreiselpumpen

In Bd. 72 Nr. 39 S. 1387 berichtete Dipl.-Ing. Dr. A. K a r s t e n über eine von dem Wesselinger Gußwerk Rheinguß G. m. b. H. erbaute Kreiselpumpe mit entlasteter Stopfbüchse für Förderung von Säuren. Wie uns die Firma Gebrüder Sulzer A.-G., Ludwigshafen, hierzu mitteilt, hat sie bereits 1916 eine Thermisilidpumpe mit entlasteter Stopfbüchse genau gleicher Konstruktion herausgebracht. Die Konstruktionen unterscheiden sich nur dadurch, daß die Sulzer-Pumpe ein Zylindergehäuse, die Wesselinger-Pumpe ein Spiralgehäuse hat. [N 2297]

RUNDSCHAU

Gießereiwesen

Deutscher Gießereitag Wien

Schon lange war es der Wunsch der reichsdeutschen Gießereifachleute gewesen, einmal ihre österreichischen Fachgenossen zu besuchen, um zu sehen und zu lernen. Wohl haben die österreichischen Gießereien, wie die gesamte Industrie dieses Landes, unter den Folgen der unseligen Friedensverträge zu leiden, aber es gibt trotzdem etwas zu lernen, und wäre es nur, wie man den Mut nicht sinken lassen darf.

Diesen Mut unserer Fach- und Stammesgenossen zu heben und das rastlose Vorwärtsstreben mit wenig Mitteln anerkennend zu schauen, hatten sich mehr als 100 Teilnehmer zum großen Teil mit ihren Damen in Wien unter Führung ihres Vorsitzenden, Generaldirektor D. Humperdink, eingefunden, freudig begrüßt durch die dortige Gruppe des Vereins deutscher Gießereifachleute unter ihrem Vorsitzenden, Dr.-Ing. F. Littner, sowie durch den dortigen Ingenieurverein und die verwandten Verbände, ebenso freudig empfangen von der Stadt Wien. Umrahmt von Besichtigungen, fanden am Samstag, den 22., und Sonntag, den 23. September im schönen Festsaal des Industriehauses die technischen Verhandlungen unter stattlicher Beteiligung deutscher, österreichischer und ehemals österreichisch-ungarischer Fachleute statt. Es sprach zunächst am 22. September Dr.-Ing. Fl. Jungbluth, Essen, über

Reaktionsversuche mit Koks im Laboratorium und Betrieb.

Bei der Herstellung des Edelgusses spielt der Kohlenstoff und seine Veränderung beim Schmelzen im Kuppelofen eine ganz besondere Rolle. Hiernach ist offenbar die Güte des verwendeten Schmelzkokses von besonderer Bedeutung. Bis jetzt liegen nur wenige Untersuchungen über die Reduktionsfähigkeit von Koks vor. Neben Untersuchungen von Rösli über Ruhr- und französischen Koks, von Zerzog über Zwickauer Koks, von Krüger über niederschlesischen und westfälischen Koks untersuchte Hollinderbäumer im Kuppelofen selbst verschiedene Kokse mit dem Ergebnis, daß Kokssorten, die einen höheren CO_2-Gehalt bei der Verbrennung ergeben, also reaktionsfähiger sind, auch eine höhere Eisentemperatur ergeben. Die zu besprechenden Versuche sollen Klarheit geben, ob an verschiedenen Gießereikokssorten im Laboratorium Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit festzustellen wären oder nicht und ob diese Unterschiede sich auch im praktischen Betriebe bemerkbar machen.

Die Laboratoriumsversuche wurden nach den Verfahren von Koppers, Fischer und Adge-Schmitt durchgeführt. Untersucht wurden im ganzen vier Kokssorten hervorragender Güte mit ziemlich gleicher Analyse. Während die Versuche nach Adge-Schmitt und Koppers dieselben Ergebnisse lieferten, fielen die Fischer-Versuche gänzlich aus dem Rahmen. Drei der untersuchten Kokssorten zeigten ziemlich gleiche Reaktionsfähigkeit, die vierte Sorte jedoch war erheblich reaktionsfähiger. Leider war keine klare Beziehung zwischen den Laboratoriumsversuchen und den praktischen Versuchen im Kuppelofen zu erhalten. Besonders fehlte ein Zusammenhang zwischen CO_2-Gehalt und Eisentemperatur. Es lassen sich nach diesen Untersuchungen wohl Unterschiede verschiedener Sorten, wie z. B. von Hochofen- und Gießereikoks feststellen, sie genügen aber nicht, um Kokssorten gleicher Sorte für die Praxis hinreichend genau zu untersuchen.

Anschließend hieran sprach Dr.-Ing. H. Zirker, Berlin, über

Ausstampfmassen für Kuppelöfen.

Die früher allgemein übliche Kuppelofenauskleidung mit Steinen werde immer mehr durch Ausstampfen abgelöst. Zirker wies hin auf die Eigenschaften, die von einer solchen Ausstampfmasse verlangt werden und die sich teils aus den Kuppelofenvorgängen, teils aus den Arbeitsbedingungen des Stampfens ergeben. Er gab dann einige Versuchsergebnisse bekannt, aus denen Folgerungen für die Ofenauskleidung in bezug auf die Durchsatzmengen und die Schmelzdauer gezogen werden können.

Am zweiten Verhandlungstag sprach Prof. Osann, Clausthal, über

Eingußtechnik und Belastung der Gußformen.

Verschiedene Arbeiten von Schülern des Vortragenden wurden besprochen. Die Eingußhöhe ist ohne nennenswerten Einfluß auf die Gießzeit; ebenso gibt es einen Höchstwert für den Eingußquerschnitt. Ein zu großer und ein zu kleiner Einguß können das Schluckvermögen als Folge von Wirbelströmen im ersten und von Reibungsverlusten im zweiten Falle vermindern. Auch die Querschnittsform ist wichtig; so hatte z. B. ein quadratischer oder rechteckiger Einguß gegenüber einem kreisförmigen eine kürzere Gießzeit ergeben. Bei der Belastung der Form muß die abhebende Kraft berechnet werden. Der Vortragende kennzeichnete die auf Grund des hydrostatischen Auftriebs entwickelte Formel unter Hinweis auf das hydrostatische Paradoxon von Pascal.

Hieran anschließend sprach Dr.-Ing. Th. Klingenstein, Zuffenhausen, über

Edelguß, seine Kennzeichen, seine Verwendung und seine Herstellung:

Betrachtet man die Begleiter eines Gußeisens, so sieht man sofort, daß der C-Gehalt weitaus die höchsten Zahlen aufweist. Wenn man weiterhin sich vergegenwärtigt, daß räumlich der als Graphit abgeschiedene C-Gehalt rd. 10 vH des gesamten Eisenquerschnittes einnimmt, so wird ohne weiteres klar, daß dem C-Gehalt bei dem Edelguß, wie er nach den Patenten des Edelgußverbandes hergestellt wird, größte Aufmerksamkeit zuzuwenden ist. Es muß eine möglichst feine Graphitverteilung angestrebt werden, da die Erniedrigung des Gesamt-C-Gehaltes gleichzeitig die gute Vergießbarkeit und damit eine Haupteigenschaft des Graugusses vermindert. Das Rätsel der Veredlungsverfahren liegt daher in dem Gleichgewicht $C + 3\,Fe \rightleftarrows Fe_3C$ begraben. Es muß beim Schmelzverfahren eine restlose Lösung, also die rechte Gleichgewichtsseite erreicht sein, dadurch werden auch wieder eine hohe Keimzahl, aber kleine Graphitkristalle bedingt. Hand in Hand damit gehen nicht nur lediglich hohe Zerreißfestigkeit, sondern insbesondere geringes Wachstum, gute Verschleißfestigkeit und hohe Ermüdungsfestigkeit. Bei der Verwendung feinkörnigen Si-ärmeren Eisens anstatt C-reichen Hämatits und Ersatz des Si durch Si-Formlinge läßt sich der Veredlungsvorgang bereits durch die Gattierung vorbereiten und beeinflussen. Während die übrigen Vorträge ohne Aussprache abschlossen, fand hierüber eine angeregte Aussprache statt.

Nachdem vorher schon die bekannte landwirtschaftliche Maschinenfabrik von Hofherr-Schrantz-Clayton-Shuttleworth besichtigt worden war, wurde die Tagung mit einer Besichtigung der großartigen Anlagen der ehemaligen Waffenfabrik in dem alten Städtchen Steyr, der Steyr-Werke A.-G., abgeschlossen. Die zielbewußte Umstellung, insbesondere auf den Bau von Kraftwagen, fand allgemeine Anerkennung, besonders auch die von einem schwäbischen Fachgenossen mustergültig geleitete Gießerei. Eine große Anzahl der Teilnehmer nahm an einer Studienfahrt nach Ungarn teil, wo auch der Vortrag von Dr.-Ing. Klingenstein auf besonderen Wunsch ungarischer Verbände wiederholt wurde. Die glänzende Aufnahme durch die dortigen Fachleute, Behörden und insbesondere auch die Stadt Budapest, sowie der glänzende Eindruck der dortigen riesigen Betriebe dürfen nicht unerwähnt bleiben. [N 2176]

Zuffenhausen Klingenstein

Werkzeugmaschinen

Halbselbsttätige Gewindeschleifmaschine

Wenn man Schraubengewinde mit hoher Genauigkeit herstellen will, muß man nach dem Härten die Fehler, die durch Verziehen beim Härten entstehen, mittels Nachschleifens beseitigen. Die Schleifmaschinen für diesen Zweck müssen sehr kräftig gebaut sein, damit Ungenauigkeiten infolge Erschütterungen ausgeschlossen sind.

Die Maschine nach Abb. 1 kann wegen ihrer besonderen Durchbildung auf dem Hin- und dem Rückgang des Tisches beide Flanken gleichzeitig schleifen. Ein auf tausendstel Millimeter einstellbarer Anschlag schaltet den Vorschub der Schleifscheibe selbsttätig ab, so daß die Maschine größere Reihen gleicher Werkstücke auf die gewährleistete Durchmessergenauigkeit von 0,004 bis 0,005 mm schleifen kann.

Die Maschine schleift alle Außengewinde bis zu 80 mm Dmr. mit einer neuen Schleifscheibe von 450 mm Dmr. und bis zu 130 mm Dmr. mit einer bis auf 390 mm Dmr. abgenutzten Scheibe. Der Spitzenabstand zwischen Spindel und Reitstock beträgt 300 mm, wobei an beliebiger Stelle ein Gewinde von höchstens 120 mm Länge geschliffen werden kann.

Zum Schleifen in beiden Richtungen muß jeder tote Gang im Tischantrieb ausgeschaltet werden. Zu diesem Zweck stützt sich eine auswechselbare, gehärtete Leitschraube, die

Abb. 1
Gewindeschleifmaschine der Société Genevoise d'instruments de physique, Genf.

mit dem Ende der Arbeitsspindel starr verbunden ist, mittels eines am Tisch befestigten Zugriemens ständig gegen dieselbe Flanke der gehärteten Leitschraubenmutter *g*, Abb. 2, die den festen Stützpunkt der Tischbewegung bildet. Die Leitspindel wird vom Wechselgetriebe *b* über die Gelenkschiebewelle *e* angetrieben. Auf diese Weise führt das Arbeitstück eine genaue schraubenförmige Bewegung ohne jedes Spiel aus. Der Zugriemen ist im Maschinenuntersatz über eine Rolle geführt und mit einem Gewicht von 16 kg belastet.

Zum Einstellen der Schleifscheibe in vorgedrehte Gewindegänge ist die Leitschraubenmutter *g* in dem Halter *h* verschiebbar. Eine volle Umdrehung des Handrades gibt eine Verstellung um 0,25 mm. Die Einstellung und die Bearbeitung kann man mittels eines Kontrollmikroskopes mit elektrischer Feldbeleuchtung, Abb. 3 und 4, das auf dem Reitstock schwenkbar ist, überwachen. Während des Schleifens wird die Leitschraubenmutter festgeklemmt.

Das Maschinenbett ist sehr kräftig; die Tischführungen sind gegen das Eindringen von Schmirgelstaub und Kühlwasser geschützt und werden mittels Rollen geschmiert. Das Wechselgetriebe für die Tischbewegung, woran die Gelenkschiebewelle zur Leitschrauben-Arbeitsspindel angeschlosse[n] ist, hat vier Stufen für 9,6 bis 46 U/min an der Arbeitsspi[n]del beim Schruppen, die für das Schleifen von Gewinde[n] von 6 bis 75 mm Dmr. wirtschaftlich sind. Durch Umleg[en] des Einrückhebels wird das Wechselgetriebe über die zwei[te] Riemenscheibe so angetrieben, daß die Drehzahl der Arbeit[s]spindel sich für den Fertigschliff auf 2,6 bis 13 U/min ve[r]ringert.

Abb. 3 und 4
Prüfmikroskop für das Arbeitsstück mit elektrischer Feldbeleuchtung.

Abb. 2
Selbsttätige Gewindeschleifmaschine der Société Genevoise d'instruments de physique, Genf. Draufsicht.

a Riemenvorgelege
b Wechselräderkasten
c Stufeneinstellung
d Drucköl-Umsteuerung
e Gelenkschiebewelle
f Schutzhülse für die Arbeitsspindel
g Verstellbare Leitschraubenmutter
h Feineinstellung für *g*
i Handumschalthebel zum Verstellen des Vorschiebers der Druckölumsteuerung
k Handhebel zum Umlegen des Riemenantriebs
l Anschlaghebel für selbsttätige Umsteuerung
m Klinkenrad für Spindelvorschub der Schleifscheibe
n Schnellvorschub des Schleifscheibenschlittens
o Vorschub-Endeinstellung mit Feststellschraube
p Reitstock
q Prüfmikroskop für das Arbeitsstück
r Kühlwasserzuführung
s Schleifscheibe
t Abdrehvorrichtung für die Schleifscheibe (Abb. 1 u. 2, alte, Abb. 6 neue Ausführung)
u Kühlwasserbehälter mit Pumpe
v Prüfmikroskop für das Profil der Schleifscheibe

Eine durch Drucköl betätigte Umsteuerkupplung, Abb. 5, kehrt die Drehrichtung der Leitspindel und damit die Bewegung des Tisches um. Die Tischanschläge betätigen einen Vorsteuerschieber *a*, so daß keinerlei ungünstige Rückwirkung auf dem Arbeitsvorgang infolge der geringen Verstellkraft auftreten kann und zum Verstellen nur 3 mm Tischweg nötig sind.

Der Kolbenschieber *b*, der infolge der Verstellung des Vorsteuerschiebers umgesteuert wird, läßt das Drucköl auf der nicht gekuppelten Seite der Umsteuerkupplung *e* eintreten, wodurch sich der Kupplungsdoppelkegel *d* verschiebt. Da die Reibungskegel ganz in Öl liegen, schalten sie sehr sanft ein.

Abb. 5
Schema des Drucköl-Umsteuergetriebes.

a Vorschieber, durch die Tischumstellung betätigt
b Umsteuerkolbenschieber
c Getriebe für Richtungswechsel
d Doppelkegelkupplung
e Überdruckventil
f Zahnradölpumpe
g Rückleitung zum Ölbehälter

Abb. 8
Schleifscheibeneinstellung und -lagerung.

a Schleifscheiben-Vorchubschlitten
b Schrauben zum Verstellen der Wiege
c Wiege zum Einstellen der Steigung
d Druckschraube gegen seitliche Verschiebung der Welle
e Drucklager gegen seitliche Verschiebung der Welle
f Ritzelbolzen für Lagernachstellen
g Gezahnte Mutter für Lagernachstellen

Abb. 6
Querschnitt der Schleifscheiben-Schlittenverstellung.
Zeichenerklärung s. Abb. 2.

Erklärung zu Abb. 7

a Festklemmutter für Schnellvorschub-Handrad *b*
b Schnellvorschub-Handrad
c Vorgelege für Vorschub-Endeinstellung
d Hülse für Vorschub-Endeinstellung
e Vorschubspindel
f Vorschubendanschlag am Schleifscheibenschlitten
g Vorschubmutter mit Führung
h Druckscheibe für *g* am Schleifscheibenschlitten

Abb. 7
Einzelheiten des Schleifscheibenvorschubs

Abb. 9 Planetengetriebe zum Herabsetzen der Drehzahl beim Abdrehen der Schleifscheibe

Der Schleifscheibenschlitten ist senkrecht zum Arbeitsstück verstellbar, Abb. 6 und 7. Dieser Schlitten wird mittels eines Gewichtes von 160 kg stets an die Verstellmutter der Vorschubspindel gedrückt, so daß beim Vorschub die Scheibe ohne Spiel der Verstellung der Vorschubspindel folgt. An einem Umkehrpunkte des Tisches wird die Vorschubspindel mittels des Anschlages *l*, Abb. 2, und der Klinkenradschaltung *m* gedreht. Der Vorschub kann von 0,005 bis 0,05 mm am Klinkenrad *m* auch während des Schleifens eingestellt werden. Mittels des Handrades *o* für die Vorschub-Endeinstellung wird das Zahnrad *c*, Abb. 7, und damit die Hülse *d* gedreht. Die Hülse *d* hat Außen-Feingewinde. Zum Schnellverstellen dient das Handrad *n*, das ebenso wie das Handrad *o* bei der selbsttätigen Vorschubschaltung festgeklemmt wird. Ein Teilstrich der Teilung an den Handrädern *o* und *n* entspricht 0,001 und 0,01 mm Vorschub der Schleifscheibe.

Zum genauen Einstellen der Steigung wird die Schleifscheibe in einer Wiege mittels zweier seitlicher Stellschrauben geschwenkt; die Einstellung kann auf eine Bogenminute genau abgelesen werden. Die Schleifscheibe hat 450 mm Dmr.; Abb. 8 zeigt ihre Befestigung und Lagerung. Vorn am aufklappbaren Schutzgehäuse ist die Abdrehvorrichtung *t*, Abb. 6, befestigt. Das Profil der Scheibe wird mittels eines in einem einstellbaren Halter befestigten Diamanten wiederhergestellt und mit dem Mikroskop *v* geprüft.

Die Schleifscheibe läuft mit 1360 U/min. Ein Planetengetriebe, Abb. 9, verringert die Drehzahl auf 88 U/min beim groben Abdrehen der Schleifscheibe, damit sich der Diamant nicht erhitzt. Bei den letzten Schlichthüben wird die normale Drehzahl verwendet. Eine Schleuderpumpe fördert das Kühlwasser zum Arbeitsstück; von dort fließt es zum Ablagern des Schleifsandes in den Behälter zurück. [M 2214]

Berlin Dipl.-Ing. E. Luchsinger

Baumaschinen

Schaufelradbagger

Die Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk, bring seit einiger Zeit eine neue Baggermaschine auf den Mark die sich von den bisher üblichen Bauarten besonders d durch unterscheidet, daß das eigentliche Baggergerät au einem Rad mit sechs gleichmäßig über seinen Umfang ve teilten Schaufeln besteht.

Einen solchen Bagger, der von einem kompressorlose Dreizylinder-Zweitaktmotor angetrieben wird, zeigt Abb. 1(Das Schaufelrad hat 3000 mm Dmr. Auf seinem Umfan sitzen sechs Schaufeln von je rd. 90 l Inhalt. Das Rad ruh in einem Ausleger, der an der Eisenkonstruktion des Obe wagens so gelagert ist, daß er mittels eines Hubwerkes ge hoben und gesenkt werden kann. Auf der Plattform de Oberwagens stehen der Dieselmotor von 30 PS und die Ge triebekästen für das Fahr- und Drehwerk. Die Eisenkon struktion des Oberwagens nimmt die Wellen zum Antrie des Schaufelrades auf. Der Oberwagen ruht, um 360 ° dreh bar, auf einem Unterwagen, der auf 500 mm breiten Raupen ketten fahrbar ist.

Das Schaufelrad greift mit den Schaufeln von unte nach oben; beim Drehen des Rades rutscht das Baggergu aus den Schaufeln seitlich auf ein neben dem Rade liegen des muldenförmiges Förderband von 600 mm Breite un 6,5 m Länge. Dieses Band bringt das Gut über einen Auf gabetrichter im Oberwagen auf ein 9 m langes Band, da in einem zweiten hinteren Ausleger gelagert ist und da Gut über eine Schurre an den Abladeort abschüttet. Diese zweite Ausleger ist um 180 ° gegen den Radausleger schwenkbar und in der Höhenlage verstellbar.

Abb. 10
Schaufelradbagger mit sechs Schaufeln von je rd. 90 l Inhalt. Raddurchmesser 3000 mm, Antrieb mittels kompressorlosen Dreizylinder-Zweitakt-Dieselmotors von 30 PS. Theoret. Leistung 162 m³/h.

Das Gesamtgewicht des Baggers beträgt rd. 22,6 t. Das Schaufelrad macht 30 Schüttungen in 1 min, es kann 0,5 m unter und 1,5 m über der Fahrbahn baggern und ohne seitliche Verschiebung des Fahrwerkes Einschnitte von 13 m Breite herstellen. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 6 oder 24 m/min, der Motor verbraucht 220 g/PSh Rohöl. Die theoretische Leistung beträgt 162 m³/h.

Zur Bedienung genügt ein Mann, der von dem verdeckten Führerstand aus alle Bewegungen veranlassen kann. Ein zweiter Mann ist zum Lenken des drehbaren Abladebandes

Abb. 11. Aufbau und Hauptabmessungen des Schaufelradbaggers. Abb. 12.

Abb. 12
Schaufelradbagger mit sechs Schaufeln von je 150 l Inhalt. Raddurchmesser 3500 mm, Antrieb mittels Elektromotoren von insgesamt 90 PS. Theoret. Leistung 240 m³/h.

erforderlich, wenn das Gut an einer bestimmten Stelle, z. B. in Muldenkipper abgeladen werden soll. Gegen plötzlich auftretende Hindernisse ist das Schaufelrad durch Sicherheitskupplungen geschützt, die erforderlichenfalls das Rad sofort zum Stillstand bringen.

Eine etwas abweichende kleinere Bauart stellt ein durch einen Vierzylinder-Benzinmotor von 30 PS angetriebener Bagger dar, dessen Schaufelrad 2500 mm Dmr. aufweist. Die sechs Schaufeln haben hier je 45 l Inhalt, entsprechend 81 m³/h theoretischer Leistung.

Abb. 11 und 12 zeigen eine besonders schwere Bauart mit elektrischem Antrieb, deren Schaufelrad 3500 mm Dmr. hat. Jede der Schaufeln hat 150 l Inhalt. Der anschließende Gurtförderer ist 8 m, das Förderband im hinteren Ausleger 10 m lang. Schaufelrad und zugehöriger Gurtförderer werden durch einen Motor betätigt; ein zweiter Motor besorgt das Heben und Senken des Auslegers, während ein dritter zum Ausschwenken des hinteren Auslegers und zum Antrieb des in diesem befindlichen Bandes dient. Das Drehwerk des Oberwagens wird ebenfalls durch einen besonderen Motor bedient, und auch die beiden 700 mm breiten Raupenketten haben je einen besonderen Antriebmotor. Das Gesamtgewicht dieses Baggers beträgt 53 t. Die theoretische Leistung beträgt 240 m³/h, insgesamt sind 90 PS eingebaut.

Die Bagger eignen sich u. a. zum Verladen von Massengütern auf großen Stapelplätzen, zum Ausheben größerer Baugruben, zum Abtragen von gewachsenem Boden. Nicht geeignet sind sie für felsigen Boden.

Der Vorzug des Schaufelrades besteht in dem verhältnismäßig geringen Verschleiß infolge Anordnung der Schaufeln an einen geschlossenen Körper. [M 1757] Sd.

Kleine Mitteilungen

110 000 kW-Turbodynamo

Die Brooklyn Edison Co. hat kürzlich in ihrem Kraftwerk Hudson Avenue eine 110 000 kW-Turbodynamo in Betrieb genommen, die ebenso wie der gleichzeitig aufgestellte Oberflächenkondensator von 7900 m² zur Zeit die größten ihrer Art sind.

Die Dampfturbine ist von Westinghouse in Verbundanordnung gebaut und verarbeitet Frischdampf von 28 at und 371 °. Dieser wird in vier Babcock & Wilcox-Kesseln von je 2215 m² Verdampf- und 1390 m² Vorwärmerheizfläche erzeugt. Bei den Feuerungen ist bemerkenswert, daß sich an die üblichen Unterschubstoker kurze Schüttelroste anschließen, die aus wellenförmig auf- und abwärts bewegten Gliedern bestehen, ähnlich den Rostgliedern der Wanderroste; sie dienen dazu, die Brennstoffrückstände zu brechen, damit sie leichter in die Aschengrube fallen. Drei von den Feuerraumwänden haben Bailey-Wasserkühlung, die Vorderwand besteht aus Karborundumsteinen. Bevor das Speisewasser in den Rauchgasvorwärmer gelangt, wird es in zwei Stufen durch Turbinenanzapfdampf vorgewärmt. („Power" 13. November 1928 S. 800*) [N 2336 a] Le.

Umstellung der Pennsylvania-Eisenbahn auf elektrischen Betrieb

Die Pennsylvania-Eisenbahn beabsichtigt, ihre gesamten Strecken von New York nach Wilmington und deren Abzweigungen in die Täler des Susquehanna-, Schuykill- und Delawareflusses auf elektrischen Betrieb umzustellen. Die Umstellung würde rd. 520 km Eisenbahnlinien, entsprechend rd. 2100 km Gesamtgleislänge, umfassen und soll in sieben bis acht Jahren durchgeführt werden. Die Kosten sind auf 100 Mill. $ veranschlagt. Als Stromart ist Einphasen-Wechselstrom in Aussicht genommen. Die in den Umbau einbezogenen Stadt- und Vorortbahnen werden mit Triebwagenzügen, der Fernverkehr mit Vollbahnlokomotiven bedient werden. („Engineering News-Record" 8. November 1928 S. 711) [N 2336 d] Ro.

Stromerzeugung in England

In dem amtlichen Bericht über Brennstoffverbrauch und Elektrizitätserzeugung in England wird mitgeteilt, daß in der Zeit vom 1. April 1927 bis zum 31. März 1928 in 570 englischen Kraftwerken rd. 9,93 Milliarden kWh erzeugt und rd. 9,3 Mill. t Brennstoffe verbraucht worden sind. Gegen das Vorjahr bedeutet das eine Steigerung der Stromerzeugung um 18,7 vH und des Brennstoffverbrauches um 4,1 vH; im Berichtsjahr 1926/27 war gegenüber 1925/26 die Stromerzeugung um weniger als 3 vH, der Brennstoffverbrauch um 4,8 vH gestiegen. Der Anteil der Kohle am Brennstoffverbrauch betrug im Berichtsjahr 1927/28 95,7 vH (1926/27 97,16 vH); die Stromerzeugung durch Abwärmeausnutzung ist auf 2,19 vH (Vorjahr 0,94 vH), die durch Wasserkräfte auf 1,05 vH (0,59 vH) gestiegen. Der Anteil der Dieselkraftwerke ist von 0,79 vH im Berichtsjahr 1926/27 auf 0,63 vH im letzten Berichtsjahr gesunken. („Engineering" 30. November 1928 S. 675) [N 2336 e] Pa.

Verwendung flüssiger Brennstoffe für Siemens-Martin-Öfen

Zur Zeit werden vielfach die Rückstände aus den Krackanlagen für Benzin in Siemens-Martin-Öfen verfeuert. Das Brennöl muß richtig zerstäubt werden, d. h. es muß am Brenner die richtige Zähigkeit aufweisen und, da diese von der Temperatur abhängt, muß die Ölumlaufanlage so konstruiert sein, daß die Temperatur im ganzen Bereich des Umlaufs aufrechterhalten bleibt.

Die Leitungen sollen isoliert und die Pumpen so bemessen sein, daß sie das Doppelte der notwendigen Ölmenge fördern können. Am Brenner soll das Öl gleichbleibenden Druck und gleichbleibende Temperatur haben. Die Temperatur, bei der man die beste Zähigkeit erhält, beträgt selbst bei den schwersten Ölen 75 °C, eine höhere Temperatur ist nicht notwendig. Der Öldruck am Brenner soll etwa 6,5 kg/cm² betragen, er ändert sich jedoch etwas, je nach Wärmeverhältnissen und Trockenheit des Dampfes. Um 1 kg Öl zu zerstäuben, braucht man etwa 0,4 kg Dampf.

Die Vorteile der Ölheizung sind: Das Öl büßt bei der Lagerung nichts von seinem Heizwert ein, es ist leicht zu lagern und leicht an die Verbrauchstelle zu bringen, es erzeugt hohe Flammentemperatur; die Ofenkonstruktion gestaltet sich einfacher. („Iron and Coal Trades Review" 30. November 1928 S. 801) [N 2336 b] Ste.

Güterwagendampfer für den Dienst New Orleans–Havana

Ein Sonderschiff ausschließlich zur Beförderung beladener Eisenbahnwagen hat die Firma Swan, Hunter and Wigham Richardson Ltd., Wallsend-on-Tyne, mit dem Dampfer „Seatrain" geschaffen, der im Gegensatz zu den Fährschiffen im Raum und auf allen Decks Abstellgleise hat. Auf dem Aufbaudeck ist Platz für 30 leere Wagen. Von den beladenen Wagen können rd. 26 im Raum, 26 auf dem zweiten Deck und 30 auf dem Hauptdeck untergebracht werden.

Der Dampfer hat rd. 130 m Länge und 10 700 t Ladefähigkeit bei 7,85 m Tiefgang, so daß insgesamt 90 bis 95 Wagen von 11,5 bis 16,5 m Länge verladen werden können. Die Raumtiefe beträgt 6,1 m, die übrigen Decks sind 4,85 bis 5,18 m hoch.

Zum Be- und Entladen, das in 10 h erledigt ist, dienen Bühnen für je einen Wagen, wovon je vier nebeneinander in der 13,9 m langen und 15,24 m breiten Luke mittschiffs für jedes Deck vorhanden sind. Diese Bühnen gleiten in Führungen und werden mittels der Kaikrane gehoben und gesenkt; die zum Hauptdeck gehörenden Bühnen schließen gleichzeitig die Luke wasserdicht ab. Zwei Dampfwinden vor und hinter der Luke treiben senkrechte Wellen, die auf jedem Deck mit einer Trommel zum Verholen der Wagen versehen sind. Die Maschine mit dreifacher Dampfdehnung hat 3500 PS indizierte Leistung bei 76 U/min. („The Engineer" 30. November 1928 S. 612) [N 2336 c] Ls.

Luftkühlanlage für ein Lichtspieltheater

Die Luft für das Howard-Theater in Atlanta, Ga., das 2500 Plätze faßt, wird im Winter erwärmt, im Sommer gekühlt, außerdem gereinigt und, je nach ihrem Wasserdampfgehalt, befeuchtet oder getrocknet. Um die Luft zu kühlen und zu reinigen, drückt man sie mittels eines Gebläses durch einen Nebel aus fein zerstäubtem Wasser, das mittels einer Kreiselpumpe von rd. 1,9 m³/min bei 42,6 m Druckhöhe in Umlauf gesetzt und im Verdampfer einer Schwefligsäure-Kältemaschine gekühlt wird. Diese von einem 200 PS leistenden Elektromotor angetriebene Maschine verdichtet den Kälteträger mittels eines Kreiselrades, das mit 3550 U/min läuft, und verflüssigt ihn wieder in einem Oberflächenkondensator, der im Gegenstrom durch Wasser gekühlt wird. Eine Kreiselpumpe für rd. 2 m³/min bei 27 m Förderhöhe drückt das erwärmte Wasser in einen Kühlturm auf dem Dache des Hauses, wo es rückgekühlt wird.

Die Kühlwassermenge wird mit der Hand oder selbsttätig in Abhängigkeit von der Temperatur des flüssigen Kälteträgers im Verdampfer geregelt. Eine kleine Pumpe fördert den Kälteträger in eine Verteilvorrichtung oben im Verdampfer. Hier rieselt der Kälteträger herunter, umspült die Rohre, durch die das Wasser dem Luftkühler zuläuft und verdampft dabei, indem er das Wasser im Mittel von 11,1 ° auf 7,2 ° abkühlt. Läuft dem Verdampfer kein Wasser zu oder sinkt die Wassertemperatur unter eine bestimmte Grenze, so wird die Förderung des flüssigen Kälteträgers abgestellt. („Power“ 13. November 1928 S. 796*) [N 2336 g] Le.

Herstellung von Tafelglas in stetigem Arbeitsgang

Die Glashüttenwerke der Ford Motor Comp. in River Rouge haben vier Schmelzwannen, die 23,78 m lang und 4,88 m breit sind, und die zugehörige stetig arbeitende Schleif- und Poliereinrichtung. Von den Wannen wird durch eine Schleusenkammer hindurch ein 1,067 m breites Glasband stetig ausgezogen und dann über Rollen durch den Kühlschacht geführt. Der Glasabfluß aus der Wanne hängt von der Höhe des Glasspiegels ab, weshalb die Wanne in genau abgestimmten Zeiträumen mit dem Gemenge gespeist werden muß. Das Schleifen und Polieren des Tafelglases geschieht auf 2,87 m langen Tischen, die sich unter einer Reihe von Schleif- und Polierscheiben fortbewegen. Vorher wird das aus dem Kühlschacht kommende Glas in Stücke geschnitten. Die Längen dieser Stücke sind nicht gleichbleibend, sondern richten sich nach den vorkommenden Glasfehlern. Die Anlage ist für eine Erzeugung von jährlich rd. 3 Mill. m Tafelglas bestimmt. („Mechanical Engineering“ Oktober 1928 S. 778) [N 2336 h] Schr.

Stehend gegossene Lokomotivrahmen

Bisher hat man Gußformen für Lokomotivrahmen mittels eines großen sperrigen Modells, das in zwei liegend angeordnete Sandkasten eingelegt wurde, hergestellt. Die American Steel Foundries, Chester Pa., verwendet senkrecht stehende Stahlrahmen, in die nur Kerne, die die Form bilden, eingebaut werden. Bolzen und Winkeleisen, die miteinander durch Muttern verschraubt werden, halten die beiden auf einer Stahlplatte stehenden Stahlrahmen zusammen. Eingüsse und Steiger können bei diesem Verfahren zweckentsprechend angeordnet werden. („The Iron Age“ 22. November 1928 S. 1286*) [N 2336 i] Gw.

Gärungstechnik der in Silos eingelagerten Futtermittel

Während die Gärungsvorgänge in der Brauerei und andern Gärungsgewerben bereits wissenschaftlich erforscht sind und damit die Gärung zweckmäßig geleitet werden kann, ist dies bei der zur Zeit immer mehr zur Anwendung kommenden Futtermitteleinlagerung in Futtertürme noch wenig der Fall. Es wäre hier zu untersuchen, inwieweit Luftzufuhr oder -abschluß die Gärung beeinflußt und ob der sich abscheidende Saft von neuem zugeführt werden soll. Hinsichtlich der die Gärung verursachenden Kleinlebewesen wäre festzustellen, ob man ihre Zahl bei zu geringem oder zu reichlichem Vorhandensein durch entsprechende Maßnahmen zweckmäßig verändert. So läßt sich z. B. durch Zusatz von Stickstoff oder Phosphorsäure ihre Entstehung verringern. Anzustreben ist vor allem reine Milchsäuregärung, die vom Zuckergehalt des Futters abhängt. Futterarten, die viel Eiweiß bilden, neigen zur Fäulnis. Zugabe von Melasse oder geschnitzelten Zuckerrüben ist hier angebracht.

Die außerordentliche Bedeutung eines einwandfreien, wissenschaftlichen Gärverfahrens für Futtermittel und damit dessen weitestgehende Anwendung in der Landwirtschaft erhellt schon daraus, daß die beim Übergang des Grünfutters in Heu verlorengehenden Werte in Höhe von 30 vH in Deutschland allein rd. eine Milliarde *RM* ausmachen. („Technik in der Landwirtschaft“ November 1928 S. 251) [N 2336 f] Ro.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Öl- und Gasmaschinen (Ortfeste und Schiffsmaschinen). Von Heinrich Dubbel. Berlin 1926, Julius Springer. 446 S. m. 519 Abb. Preis 37,50 *RM*.

In dem vorliegenden Buch besitzt der Verbrennungskraftmaschinenbau eines seiner wenigen grundlegenden Werke. Der Aufbau gliedert sich in vier Teile, von denen der erste die für Gas- und Ölmaschinen gemeinsamen brennstofftechnischen und thermodynamischen Fragen, den Wärmeübergang und die Wärmespannungen behandelt. Der zweite Abschnitt befaßt sich eingehend mit den Ausführungsformen und Sonderteilen der verschiedenen Maschinen für ortfesten wie für Schiffsbetrieb; eine ausführliche Behandlung wird hierbei der Gemischbildung zuteil. Die Mittel der Leistungssteigerung und die Abwärmeverwertung werden im dritten Teil kurz besprochen. Im letzten Abschnitt behandelt der Verfasser die Gestaltung und Berechnung der allgemeinen Bauteile und widmet längere Ausführungen den Massenwirkungen und Drehschwingungen.

Es wäre zu empfehlen, die vereinzelten Literaturnachweise zumindest für alle vier Hauptteile, wenn nicht sogar für die verschiedenen Unterabschnitte zusammenzustellen. Das gut ausgestattete Werk erreicht das vom Verfasser erstrebte Ziel: „ein Lehrbuch für Studierende, ein Handbuch für den Konstrukteur, der den Überblick über das Gesamtgebiet seiner Tätigkeit nicht verlieren will“.
[E 2300] Dr.-Ing. Leitner

Mitteilungen des Ausschusses für Technik in der Forstwirtschaft (ATF) des Deutschen Forstvereins. 1. H. August 1928. Berlin 1928, Verlag „Der Deutsche Forstwirt“. 82 S. m. Abb. Preis 2 *RM*.

Der Ausschuß „Technik in der Forstwirtschaft“ des deutschen Forstvereins, an dessen Gründung die Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft (ATL) sehr stark mitgewirkt hat, hat das erste Heft seiner Mitteilungen veröffentlicht, das weit über den Rahmen der eigentlichen Fachkreise Beachtung verdient. Hier werden zum ersten Male die Arbeiten des noch jungen Ausschusses zur Rationalisierung im Forstbetriebe beschrieben und auch schon einige Ergebnisse mitgeteilt. Fast ein Drittel des deutschen Bodens ist von Wald bedeckt. Daraus ist leicht zu ersehen, welche Bedeutung der deutschen Forstwirtschaft im Rahmen der gesamten Volkswirtschaft und insonderheit diesen Arbeiten zukommen muß.

Nach einer Einführung, die den Aufgabenkreis des ATF umreißt, werden verschiedene Prüfungsberichte mitgeteilt. Der wichtigste und wohl auch der, der sich schon am meisten in der Praxis ausgewirkt hat, ist der für Motorsägen. Die Kettensäge „Rinco“ von Ring & Co., Berlin, hat sich sehr bewährt gegenüber der mit einem Fuchsschwanz ausgestatteten amerikanischen Witte-Säge. Es folgen die Berichte über die forstlichen Sämaschinen und für eine große Anzahl Geräte für den Kulturbetrieb.

Somit kann gesagt werden, daß der Ausschuß in der kurzen Zeit seiner Tätigkeit es wohl verstanden hat, wertvolle Ergebnisse zu erzielen. Die von ihm gewählte Prüfungsordnung ist im engsten Anschluß an die für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft aufgestellt worden; auch haben ihre bewährten technischen Mitarbeiter aus Wissenschaft und Praxis mit ihren jahrzehntelangen Erfahrungen mitgewirkt. [E 2222] Dr. L. Engelbrecht

Illustrierte Handwerkerbibliothek 7. Bd.: **Der praktische Gas- und Wasser-Installateur.** Von Georg A. Schink und Hermann Schneider. Stuttgart 1928, Ernst Heinrich Moritz. 527 S. m. 544 Abb. und 10 Taf. Preis 26 *RM*.

Das Bedürfnis für ein solches Buch ist unbedingt zu bejahen, und es ist zu begrüßen, daß von zwei erfahrenen Berufs- und Gewerbeschullehrern der gesamte Stoff einheitlich und systematisch zusammengefaßt worden ist.

Das Buch gliedert sich in drei große Hauptabschnitte. In der Einleitung werden die hauptsächlichsten Werkstoffe des Gas- und Wasserleitungsinstallateurs eingehend beschrieben. Damit ist einer dringenden Forderung der jetzigen Zeit nach besserer Werkstoffkenntnis der Handwerker Genüge geleistet.

Der erste Teil behandelt die Gasinstallation, Gewinnung und Eigenschaften des Gases, das Rohrnetz, seine Bemessung und Verlegung, ferner die Apparate, Brenner, Beleuchtungsarten, Heizeinrichtungen usw.

Der zweite Teil befaßt sich mit der Wasserinstallation, Eigenschaften und Gewinnung des Wassers, Ermittlung des Wasserbedarfes, Bemessung und Verlegung des Rohrnetzes, Entwässerung, Kanalisation, Kläranlagen, Armaturen und Apparate, Badeöfen usw. Diesem Teil ist ferner ein sehr wertvolles und wichtiges Kapitel über Selbstkostenberechnung angegliedert, das der heute so brennenden Forderung nach richtiger Berechnung ausgeführter Arbeiten gerecht wird.

In einem Anhang sind ferner noch Winke über rationelle Betriebsführung, Haftpflicht und Meisterprüfungen gegeben. [E 2144] Döhmer

Industriewirtschaftliche Abhandlungen, 1. H.: **Die Groß-Berliner Stadtentwässerung.** Von Reinhard Lobeck. Berlin 1928, Julius Springer. 76 S. m. 2 Abb. Preis 4,20 *RM*.

Das vorliegende Buch ist in den Seminaren von Brix und Prion, Berlin, entstanden. Es untersucht kritisch die Groß-Berliner Stadtentwässerung, und zwar in organisatorischer und betriebswirtschaftlicher Hinsicht. Besonders ausführlich werden die technischen und finanziellen Grundlagen des gegenwärtigen Betriebes sowie der Aufbau der Verwaltung und die Betriebsorganisation behandelt. In dem letzten Teil: „Kritische Betrachtungen", macht der Verfasser beachtenswerte Vorschläge für eine Umorganisation der Stadtgüter-G. m. b. H. und der einzelnen Betriebsabteilungen und weist die hierdurch erreichbaren erheblichen Ersparnisse nach. [E 2113] Sd.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 309. H.: **Untersuchungen an der Dieselmaschine.** Von Kurt Neumann (s. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 36 S. 1241); Untersuchungen zur Dynamik des Zündvorganges. Von Otto Klüsener (s. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 45 S. 1599). Berlin 1928, VDI-Verlag. 35 S. m. 64 Abb. u. 6 Taf. Preis 6 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 299. H.: **Der Zündverzug bei flüssigen Brennstoffen.** Von Hartner-Seberich. Berlin 1928, VDI-Verlag. 23 S. m. 22 Abb. und 8 Zahlentaf. Preis 3,75 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 3,35 *RM*.

Kommt der Kohlenstaub-Dieselmotor oder die Hochdruckgas-Dieselmaschine? Von F. Ernst Bielefeld. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 127 S. m. 115 Abb. Preis 12 *RM*.

Vorlesungen über allgemeine Mechanik. Von Alexander Brill. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 356 S. m. 165 Abb. Preis 20 *RM*.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von W. Wien und F. Harms unter Mitarbeit von H. Lenz. 23. Bd. 2. T.: **Phosphoreszenz und Fluoreszenz.** Von P. Lenard, Ferd. Schmidt und R. Tomaschek. **Lichtelektrische Wirkung.** Von P. Lenard und A. Becker. Leipzig 1928, Akademische Verlagsgesellschaft. S. 745 bis 1544 m. 252 Abb. Preis 72 *RM*.

Die Methodik der Fermente. Herausgeg. von Carl Oppenheimer und Ludwig Pincussen. 4. Lfg. Leipzig 1928, Georg Thieme. S. 945 bis 1264 m. 59 Abb. Preis 28 *RM*.

Die wirtschaftliche Bemessung von Plattenbalken. Von Leopold Berger. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 55 S. m. 16 Abb. Preis 6 *RM*.

Spannungskurven in rechteckigen und keilförmigen Trägern. Von Akira Miura. Berlin 1928, Julius Springer. 111 S. m. 142 Abb. Preis 12,50 *RM*.

Der Ruhrverband. Von K. Imhoff. 2. Aufl. Berlin 1928, Carl Heymann. 25 S. m. 76 Abb. Preis 3 *RM*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Die Benutzung der Streckgrenze bei Berechnung und Abnahme.

In Bd. 72 (1928) Heft 35 S. 1226 dieser Zeitschrift hat Reichsbahnrat Dr.-Ing. Kühnel zu der Frage, ob hinsichtlich der Gütebeurteilung von Baustahl die obere oder die untere Streckgrenze als geeigneter Wertmaßstab zu gelten habe, eine grundsätzlich andere Einstellung angenommen und durch Versuchsergebnisse zu belegen gesucht, als sie von mir und ebenso von Moser in Veröffentlichungen der letzten Jahre ebenfalls auf Grund von Versuchsunterlagen eingenommen worden ist.

Entgegen dem Vorschlage, für die Güte- und Abnahmeprüfung des Werkstoffes an Stelle der in den DI-Normen vorgesehenen oberen Streckgrenze die untere Streckgrenze zu wählen, für deren einwandfreie Bestimmung Sorge zu tragen ist, führen die Betrachtungen von Kühnel zu der Folgerung, daß für Flach- und Profilstäbe keine Änderungen des Normenblattes nötig seien, daß aber bezüglich der Rundstäbe Ergänzungen des Normenblattes erfolgen müßten, weil bei dieser Querschnittform besonders günstige Versuchsverhältnisse höhere Streckgrenzenwerte bedingen könnten.

Diese Stellungnahme gründet sich darauf, daß Kühnel bei den von ihm untersuchten Flachstäben in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nur ganz geringe Unterschiede zwischen oberer und unterer Streckgrenze beobachtet hat, die praktisch zu vernachlässigen sind. Das heißt, daß bei diesen Flachstäben bei der Bestimmung der Streckgrenze nach den Vorschriften der DI-Normen im allgemeinen ein Wert bestimmt wird, bei dem eine Kennzeichnung als obere oder untere Streckgrenze überflüssig ist.

Auf den Wert einer Probenform, die zuverlässig die Ausbildung einer oberen Streckgrenze vermeidet, also nur einen wagerechten Fließbereich zur Ausbildung kommen läßt, ist von mir an andrem Ort hingewiesen worden. Bei den Flachstäben der Praxis ist nun diese Forderung in der Tat meist weitgehend erfüllt, wenn auch keineswegs stets, wie z. B. aus dem von Kühnel in Abb. 2 seines Aufsatzes angeführten Beispiel von C. Bach zu ersehen ist, bei dem die Differenz zwischen oberer und unterer Streckgrenze für den Flachstab 10 vH des unteren Streckgrenzenwertes ausmacht; eine ähnlich starke Differenz hat Kühnel selbst bei Stab 13 in seiner Abb. 15 festgestellt. Ich halte es für bedenklich, wenn Kühnel bei der geringen Zahl der von ihm angeführten Versuchsergebnisse an Flachproben den Schluß zieht, daß bei solchen bei der Bestimmung der Streckgrenze nach den DI-Normen jede Schwierigkeit ausgeschaltet sei. Auch eine noch so starke Mehrung der Fälle, bei denen der Unterschied zwischen oberer und unterer Streckgrenze verschwindend klein oder wenigstens praktisch ohne Bedeutung ist, kann die Tatsache nicht aus der Welt schaffen, daß auch bei Flachstäben zuweilen recht erhebliche Lastabfälle an der oberen Streckgrenze beobachtet werden.

Weit stärker werden die Unterschiede, wie auch Kühnel hervorhebt, bei Rundproben besonders mit schlankkegelförmigem Übergang der zylindrischen Meßlänge zu den Einspannköpfen bei dem Normalstab. Wichtig ist aber, daß bei Rundstäben die unteren Streckgrenzenwerte mit den an Flachstäben bestimmten nahezu zusammenfallen, während die Werte der oberen Streckgrenze vielfach sehr starke und unregelmäßig schwankende Überschreitungen zeigen (vergl. auch Abb. 16 und 17 und Zahlentafel 5 des Aufsatzes von Kühnel).

An dieser Beobachtung darf m. E. eine Deutung der Erscheinungen an der Streckgrenze nicht vorübergehen, und die Vorschriften für die praktische Bestimmung der Streckgrenze sollten auf den so gewonnenen Erkenntnissen aufbauen.

Bei möglichster Gleichmäßigkeit des Kraftangriffes und Vermeidung eines Anlasses zu örtlichen Spannungssteigerungen im Probestab, wie das weitgehend beim Normalstab der Fall ist, vermag dieser bei den üblichen Baustählen eine höhere Belastung zu tragen, als der sich im Versuch ergebenden unteren Streckgrenze entspricht. Dieser Beanspruchungszustand trägt in jeder Hinsicht die Kennzeichen einer starken Labilität. Eine Störung dieses labilen Gleichgewichtzustandes an irgendeiner Stelle des Stabes hat ein örtliches Einsetzen des Fließens und damit ein Herabfallen der Belastung auf die untere Streckgrenze zur Folge. Ist der Fließvorgang einmal eingeleitet, so breitet er sich bei nicht zu schneller Versuchsausführung nach Maßgabe der Bewegung der Spannköpfe der Maschine über die ganze Meßlänge des Stabes aus, wobei die Belastung unverändert

bleibt, infolge örtlich gesteigerter Fließwiderstände aber auch wiederholte Schwankungen zeigen kann.

Die für den Idealfall unbedingt gleichmäßiger Beanspruchung des Probestabes in allen Teilen der Prüflänge und des Fehlens jeglicher Fehlstellen und Ungleichmäßigkeiten im Werkstoff zu erwartende obere Streckgrenze des Stabes ist wohl überhaupt nicht zu erreichen; die im praktischen Versuch festgestellten Werte der oberen Streckgrenze dürften im allgemeinen noch sehr weit davon entfernt liegen. Nur lassen sich die Anlässe zu Spannungssteigerungen, die örtlich den Fließvorgang einleiten, durch die Versuchsbedingungen mehr oder weniger weit verringern. Im praktischen Eisenbau kann aber von solchen Maßnahmen nicht die Rede sein.

Die der unteren Streckgrenze entsprechende Last ist die, die der Werkstoff auch unter den Verhältnissen des praktischen Eisenbaues zu tragen vermag, ohne daß ein Fließen eintritt. Nur diese Beanspruchung darf also der Konstrukteur seinen Berechnungen zugrunde legen, nur dieser Belastung darf er die Konstruktionsglieder seines Bauwerkes aussetzen.

Düsseldorf F. Körber

In Z. Bd. 72 (1928) Heft 35 S. 1226 hat Reichsbahnrat Dr.-Ing. Kühnel zu den in meinem Obmannbericht mitgeteilten Versuchsergebnissen des Streckgrenzenausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute Stellung genommen und insbesondere die schon von Bach eingeleitete Bevorzugung der unteren Streckgrenze als einer zuverlässigeren Wertangabe abgelehnt.

Ohne auf die Einzelheiten der Ausführungen und der beigefügten Versuchsreihen einzugehen, möge hier nur erwidert werden, daß sämtliche seit Veröffentlichung des Berichtes weiterhin durchgeführten Gemeinschaftsarbeiten die schwankende Lage der oberen Streckgrenze immer wieder bestätigt haben. Als neue Beobachtung sei angeführt, daß sich bei einer besonders stark zur Überhöhung der oberen Streckgrenze, gegebenenfalls bis über die Festigkeit hinaus, neigenden Stahlart durch „Beklöpfeln" des Probestabes während des Zugversuches die Lage der oberen Streckgrenze ganz bedeutend absenken ließ. Über Einzelheiten der Versuche und Ergebnisse wird demnächst ein Bericht in den Zwanglosen Mitteilungen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik erscheinen. Daß der Grad der labilen Überhöhung der oberen Streckgrenze dabei weitgehend von der Form des Probestabes abhängt, ist seit Bach bekannt und durch die Untersuchungen von Körber und Pomp neu bestätigt worden.

Übrigens hatte bereits Heyn, was allgemein unbekannt ist und auch mir s. Zt. unbewußt gewesen ist, den stark labilen Charakter der oberen Streckgrenze erkannt. Nach seiner Auffassung ist die obere Streckgrenze „vom Zufall abhängig; ihr würde ebenso wenig eine physikalische Bedeutung zukommen, wie derjenigen Temperatur, bis zu welcher eine unterkühlte Flüssigkeit unterhalb ihres Erstarrungspunktes ohne zu erstarren abgekühlt werden kann[1])."

Neuerdings durchgeführte Untersuchungen[2]) ergaben in Übereinstimmung mit von Kuntze und Sachs gemachten Beobachtungen[3]), daß der Stahl sich an der Streckgrenze nicht einheitlich über die Versuchslänge hinaus streckt, sondern zonenweise. Und zwar zeigte es sich, daß jede in das Gleiten geratende Zone einen bestimmten Blockierungszustand annimmt und in diesem Zustand verharrt, bis die übrigen Zonen sämtlich nachgefolgt sind. Erst dann erfolgt die weitere Verformung und Verfestigung. Die diesem eindeutig bestimmten Streck-Endzustand entsprechende Belastung findet im Dehnungsdiagramm ihren Ausdruck in der unteren Streckgrenze, die sich demnach gegenüber der oberen Streckgrenze als eine Kennzahl des betreffenden Stahles erweist.

Abschließend weise ich noch auf die inzwischen von Prof. Dr.-Ing. Enßlin in Heft 45 dieser Zeitschrift S. 1626 veröffentlichte kritische Bewertung der oberen und unteren Streckgrenze, die sich durchaus mit der Auffassung des Streckgrenzenausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute deckt, hin.

Es ist bedauerlich, daß Kühnel vor Veröffentlichung seiner gegenteiligen Stellungnahme nicht mit den Erstveröffentlichern in einen Gedankenaustausch getreten ist.

Essen [D 2137] M. Moser

[1]) „Metall und Erz" Bd. 15 (1918) Nr. 22 S. 410.
[2]) „Stahl und Eisen", Bd. 48 (1928) Nr. 46 S. 1601.
[3]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 29 S. 1011.

Entgegnung.

Es erscheint mir verfrüht, erneut zu den Ausführungen von Prof. Dr. Körber und Dr.-Ing. Moser Stellung zu nehmen, da ja noch weitere Veröffentlichungen angekündigt sind. Bemerken möchte ich zur Zuschrift Körbers lediglich, daß unsere Beobachtungen an den Flachstäben sich nicht nur auf die mitgeteilten Versuchsergebnisse gründen, sondern auf wesentlich umfassendere Beobachtungen in der Versuchsanstalt und der Abnahme. Auch Körber scheint früher zu ähnlichen Schlüssen gekommen zu sein. Wenigstens entnehme ich das aus dem Aufsatz von Körber und Pomp: Vergleichende Untersuchungen über das Verhalten von unlegierten und legierten Kesselblechen[1]) aus dem Satz „der Unterschied zwischen oberer und unterer Streckgrenze beträgt jedoch in keinem Falle im Mittel mehr als 2 kg/mm², was bei der Form der Probestäbe auch nicht zu erwarten war". Die verwendeten Probestäbe waren Flachstäbe.

Der von Moser erwähnte Aufsatz von Kuntze und Sachs erschien erst, nachdem mein Bericht schon im Druck war. Ich hätte ihn sonst recht gern angegeben; denn ich fand in ihm den Satz: „Wir können aus diesen Versuchen, die immer wieder mit demselben Stab nach vorangehendem Ausglühen vorgenommen wurden, schließen, daß die eigentliche Werkstoffestigkeit des Stahles durch den Wert der sogenannten oberen Streckgrenze angegeben wird."

Im Gegensatz zu Moser bin ich der Ansicht, daß das Für und Wider der Bewertung der Streckgrenze möglichst öffentlich erörtert wird, damit weitere Kreise der Fachgenossen auf diese Fragen aufmerksam werden und selber ihre Ansichten zur Klärung der noch bestehenden Gegensätze bekannt geben. Ich sah daher keine Veranlassung, vor der Veröffentlichung meiner Ausführungen, deren wesentlichste Gedankengänge sich zudem ja bereits in „Stahl und Eisen als Werkstoff" Bd. II S. 10 fanden, in einen besonderen Gedankenaustausch mit Körber und Moser zu treten. [M 2136]

Berlin Dr.-Ing. Kühnel

[1]) Mitt. d. Kaiser-Wilhelm-Instituts f. Eisenforschung, Abhandlung 95, S. 345.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

d. 72 SONNABEND, 22. DEZEMBER 1928 Nr. 51

Aufgaben der Erdölförderung

Von O. Schwenninger, Berlin

Die üblichen Förderverfahren wie Schöpfen, Kolben und Pumpen in der Erdölgewinnung stellen keine vollkommene Lösung dar. Eine einheitliche Art der Förderung läßt sich nicht durchführen, da eine geeignete Pumpe, die allen Anforderungen entsprechen würde, fehlt. Der Bergbau auf Erdöl ist dazu berufen, die bekannten Erdöllager weiter auszubeuten.

Schachtanlage der Deutschen Erdöl-A.-G. in den Erdölfeldern bei Wietze (Aufnahme der Junkers-Luftbild-Zentrale).

Die Aufgaben der Erdöltechnik beginnen mehr als je die Aufmerksamkeit des Ingenieurs auf sich zu ziehen. Nicht nur weil die Frage einer wirtschaft-heren Gewinnung des Erdöls immer brennender wird, ndern die technischen Einrichtungen auch als noch un-llkommen bezeichnet werden müssen. Der zunehmende darf der Welt an Erdöl und seinen Derivaten läßt eine schöpfung der erschlossenen Gebiete bald erwarten[1]). e Aufgaben, die die Erdölgewinnung stellt, können aber r in enger Gemeinschaftsarbeit von Geologe, Physiker, genieur und Chemiker gelöst werden. Hier soll aus n gesamten Aufgabenkreis nur das herausgeschält wer-n, was sich auf die besonderen Vorrichtungen zum Heben s Erdöls aus der Lagerstätte bezieht.

Springer

Beim Bohren nach Erdöl stößt man oft auf Lager, unter hohem Gasdruck stehen und aus denen das Öl zu 100 m und noch mehr herausgeschleudert wird. rch ungeeignete Mittel beim Erbohren und infolge unge-gender Vorbereitung ist bei solchen eruptiven Quellen ion sehr viel Öl verloren gegangen. Vielfach wird das stänge aus dem Bohrloch geschleudert und der Haupt-hieber unbrauchbar gemacht, so daß man das Bohrloch ht mehr absperren kann.

Es gibt aber auch hier technische Möglichkeiten, um sen Gefahren von vornherein zu begegnen. Die zu tref-den Maßnahmen sind je nach der angewendeten Bohrweise verschieden. Beim Seilbohren mit Spülung kann man eine in Amerika ausgebildete Stopfbüchse, Abb. 1, verwenden, die auf dem Rohrkopf befestigt wird. Solange der Gasdruck nicht zu groß ist, leistet diese Vorrichtung gute Dienste und verhindert jede Verschleuderung von Öl. Werden aber unter sehr hohem Drucke stehende Lager angebohrt, versagt diese Vorrichtung. Vielfach werden dann noch vor dem Anbohren des eigentlichen Ölhorizontes starke Gase angefahren, die ein Weiterbohren mittels des Seilschlagverfahrens unmöglich machen. Bei starken Gasen sind Versuche mit dem Rotary-Bohrverfahren[2]) ebenfalls fehlgeschlagen.

Nur das Meißel-Spülstoßen, mit einem verhältnismäßig dünnen Gestänge und möglichst großem Bohrgewicht, ermöglicht in solchen Fällen ein Weiterbohren ohne Unterbrechung. Der Rohrkopf wird mit einer kräftigen Stopfbüchse, die die Verrohrung gegen das Bohrgestänge abdichtet, verschlossen, weshalb der obere Teil des Bohrgestänges aus glatten Nippelstangen besteht. Nachdem das Öl erbohrt ist, hebt man das Gestänge so weit an, bis eine Nippelstangenverbindung, die unter dem mit Druckwasser betätigten Hauptschieber, Abb. 2, steht, über der Stopfbüchse erscheint, und lockert diese Verbindung. Hierauf setzt man das Gestänge wieder auf der Bohrlochsohle ab, löst die gelockerte Verbindung, hebt den oberen Teil über den Hauptschieber an und schließt diesen. Die Stopfbüchse wird nun abgenommen, der Rohrkopf an die Ölleitung angeschlossen und man kann die erste Eruption ohne Ver-

[1]) „Petroleum" Bd. 23 (1927) S. 274.

[2]) Vergl. a. Steiner, Z. Bd. 71 (1927) S. 1185.

Abb. 1
Bohrlochstopfbüchse für Seilbohren auf eruptive Quellen.

a Bohrlochstopfbüchse
b Packung
c Führungsrollen
d Druckschrauben
e Befestigungsschrauben
f Rohrkopf

Abb. 2
Hydraulisch betätigter Schieber (Tacitschieber).

luste abfangen. Entsprechend tiefer Einbau des Hauptschiebers und ein Gestänge ohne Muffenverbindung würden das sofortige Herausholen des gesamten Gestänges mit Bohrzeug gestatten. Bei dem bis jetzt verwendeten Muffengestänge ist dies nicht möglich, und so muß man eine Pause abwarten, in der man unter besonderen Schutzvorrichtungen das Gestänge dann herausholt.

Reicht der natürliche Gasdruck nicht mehr aus, um das Öl bis zu Tage zu drücken, so muß es künstlich gehoben werden. Hierzu werden verschiedene Verfahren angewendet: Das Heben mittels Druckluft (Mammutpumpe), das Schöpfen, das Kolben und das Pumpen.

Mammut-Pumpe

Zum ersten Male wurde wohl Druckluft zum Heben von Erdöl in Baku verwendet. Das Verfahren ist verhältnismäßig einfach, hat aber den Nachteil, daß es in seiner einfachen Form[3]) nur benutzt werden kann, wenn das Öl im Bohrloch so hoch steht, daß die manometrische Förderhöhe gleich der Eintauchtiefe ist. Verfahren, die diese Übelstände beseitigen sollen, haben sich in der Praxis bis jetzt nicht bewährt. Insbesondere verwickelte Einrichtungen unter Tage, wie Einbau von Ventilen u. a., bringen wieder große Nachteile mit sich. Das Fördern mittels Druckluft hat den großen Vorteil, daß es keine beweglichen Teile verlangt, die im Ölsand dem Verschleiß ausgesetzt sind, und daß infolgedessen keine oder wenig Instandsetzungen notwendig werden. Anderseits setzen die teure Verdichteranlage, der hohe Luftverbrauch und der niedrige Gesamtwirkungsgrad von $\eta = 0{,}2$ bis 0,3 die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sehr herab. In neuester Zeit gewinnt das Fördern von Rohöl mittels Druckluft oder Druckgas wieder Bedeutung durch das Bestreben, Benzin aus Feld- und Raffineriegasen zu gewinnen. Die emulgierende Wirkung, die dieses Förderverfahren auf das Rohöl ausübt, kommt, falls keine nachteilige Einwirkung auf das betreffende Erdöl durch die warmen Gase oder keine Oxydation durch die Druckluft festgestellt wird, der Benzingewinnung zugute. Die neuere Entwicklung der Verfahrens nach Bayer zur Gewinnung d Benzin aus den Feldgasen mit Aktivkohle ist in diesem Zusammenhang wichtig[4]).

Auch in tiefen, ergiebigen Sonden, die kleine Ve rohrungsdurchmesser und Rohrkrümmungen haben, w die Anwendung von Druckgashebern von Erfolg s Allerdings sind dabei alle Fragen zu prüfen, insbeson der in der Sonde herrschende natürliche Gasdruck, d Gasreichtum der Sonde, die Dickflüssigkeit des zu förd den Öles und die Beschaffenheit der Lagerstätte. Fe ist im Einzelfalle zu untersuchen, ob mehrere Son besser durch eine gemeinsame Anlage oder jede für vorteilhaft durch kleinere Verdichter betrieben werde

Schöpfen

Ein in Rumänien viel benutztes Verfahren zur F derung des Erdöls ist der Schöpfbetrieb[5]). Zum Schöp dient ein bis zu 15 m langes Stahlrohr, der Schöpflö das unten mit einem Ventil versehen ist, Abb. 3 und

[3]) Vergl. a. Lorenz, Z. Bd. 53 (1909) S. 545.

[4]) „Petroleum" Bd. 24 (1928) Nr. 25 S. 1107.
[5]) „Petroleum" Bd. 22 (1926) S. 475.

Abb. 3
Schöpfbüchse mit eingenietetem Fußventil. Ventilschaft verbreitert zum Ausstoßen von Sandpfropfen.

Abb. 5
Schöpflöffel mit spiralgeschweißtem Rohr.

Abb. 4
Schöpfbüchse, aus Rohren genietet, mit einschraubbarem Fußventil.

Abb. 6
Leistungsbedarf der Förderung mittels Schöpflöffel. Teufe 549 m, Förderung 5,5 Kesselwagen in 24 h bei 14 Zügen/h; Löffel 9″ Dmr., 13 m lang, 200 kg Leergewicht; Nennleistung des Motors 52 kW.

a, b, c Fehlbedienung des Schöpfhaspels *d* Fördern
e Entleeren *f* Einlassen

Diese Löffel sollen möglichst leicht und doch haltbar genug sein, um den starken Beanspruchungen bei unaufmerksamem Schöpfen, Aufschlagen auf der Bohrlochsohle und zu schnellem Anheben, gewachsen zu sein. Die großen Schöpflöffel werden gewöhnlich aus spiralgeschweißten Rohren, Abb. 5, hergestellt. Das eingeschraubte Fußventil ist dem eingenieteten vorzuziehen, da man es leichter auswechseln kann.

Abb. 7
Erdölgewinnung mittels Schöpfhaspel.

a Bohrturm
b Bohrlochkopf
c Schöpfbüchse
d Turmrolle
e Förderhaspel
f Dampfmaschine
g Führung zum Absetzen und Entleeren des Löffels

a Trommel
b Handbremse
c Antriebscheibe mit Kupplung
d Kupplungshebel
e Bremshebel

Abb. 8 und 9
Schöpfhaspel mit auf der Achse festsitzender Trommel.

Der Schöpfvorgang selbst ist sehr einfach. An einem normal 18 mm dicken Seil wird der Löffel in das Bohrloch hinabgelassen. Durch das Fußventil tritt das Öl ein und der gefüllte Löffel wird dann wieder zutage gezogen. Durch Aufsetzen des Löffels auf den Ventilschaft wird dieser entleert. Den Leistungsbedarf eines solchen Schöpfvorgangs zeigt Abb. 6. Zum Heben und Senken des Löffels wurde früher der Bohrkran selbst verwendet und zu diesem Zweck mit einer Fördertrommel versehen. Jetzt ist es üblich, den Bohrkran nach Beendigung der Bohrarbeit zu entfernen und eine besondere, durch Riemen angetriebene Maschine zu benutzen. In den amerikanischen Ölgebieten werden sogar die schweren eisernen Bohrtürme durch leichtere Fördertürme ersetzt.

In den europäischen Ölfeldern verwendet man dagegen größtenteils hölzerne Bohrtürme, deren Abbruch unwirtschaftlich ist und die man deshalb stehen läßt, Abb. 7. Die Antriebart wechselt sehr. Im allgemeinen verdrängt der Elektromotor die Dampfmaschine. Die Leistungsfähigkeit des Motors hängt ab von der Größe des Schöpflöffels und von der Tiefe des Bohrloches. Bis zu 500 m Tiefe sind bei 10 m Löffellänge rd. 35 kW erforderlich, bei Tiefen von 1200 m sind Drehstrom-Asynchronmotoren für 100 kW mit Kurzschlußläufer und 750 U/min für den Antrieb einer Schöpfhaspel heute üblich. Die von der Schöpftechnik an den elektrischen Betrieb gestellten Aufgaben können als gelöst betrachtet werden[6]).

Die Durchbildung der Förderhaspeln mußte den erhöhten Anforderungen folgen. Abb. 8 und 9 sowie 10 zeigen zwei derartige Konstruktionen. Der Riemenantrieb wird im allgemeinen mit Rücksicht auf seine dämpfende Wirkung bevorzugt, besonders wenn Ölmotoren oder Elektromotoren verwendet werden.

Das Schöpfverfahren ist in Rumänien und auch in Rußland noch sehr verbreitet. Es hat den großen Vorteil, daß der Verschleiß durch den Ölsand verhältnismäßig gering ist und bei notwendiger Instandsetzung ein Ersatzventil oder ein Ersatzlöffel schnell ausgewechselt ist. Aus ergiebigen Bohrlöchern kann trotz des unterbrochenen Betriebes mittels großer Löffel eine

[6]) Die Verwendung der Elektrizität in der Erdölindustrie wird ausführlich behandelt in dem Buche von L. Steiner, Tiefbohrwesen, Förderverfahren und Elektrotechnik in der Erdölindustrie, Berlin 1926.

Abb. 10. Schöpfhaspel mit auf der Welle leerlaufender Trommel.

a Trommel *b* Bandbremse *c* Antriebscheibe *d* Kupplung

verhältnismäßig große Menge Öl gefördert werden. Die Nachteile des Schöpfens liegen aber in dem großen Gewicht der bewegten Massen; damit ist großer, sehr schwankender Kraftverbrauch und schlechte Ausnutzung des Motors verbunden. Außerdem müssen immer Leute zur Bedienung vorhanden sein.

Kolben

Die Kolbenförderung kann als eine Abart der Förderung mittels Schöpflöffels angesehen werden. Zum Schöpfen mittels Kolbens muß eine besondere Verrohrung herabgebracht werden, in der der Kolben geführt wird. Die Förderanlagen über Tage sind dieselben wie beim Schöpflöffel.

Die Bauart des Kolbens geht aus Abb. 11 hervor. Auf einem Hohlzylinder *a* befindet sich ein Gummiring *b*, der durch die Federn *c* an die Rohrwand angepreßt wird. Oberhalb des Rohres ist ein Kugelventil *d* angeordnet. Oberhalb und vielfach auch unterhalb des Schöpfkolbens ist eine Schwerstange angebracht, die das Herablassen des Kolbens in das Bohrloch erleichtert. Die Wirkungsweise ist sehr einfach. Man läßt den Kolben am Förderseil möglichst weit in das Öllager ein, wobei sich über dem Kolben eine gewisse Menge Öl sammelt. Beim Aufziehen wird die ganze über dem Kolben stehende Ölsäule zutage gefördert. Den Leistungsbedarf eines solchen Schöpfvorganges zeigt Abb. 12.

Die Vorteile des Kolbens liegen darin, daß man aus viel größeren Tiefen verhältnismäßig große Mengen schöpfen kann, ferner fällt die Pause für das Entleeren weg und beim Förderhub wirkt der Kolben noch saugend auf das Erdöllager. Die Nachteile sind dieselben wie beim Löffeln: Große zu beschleunigende Massen, großer Kraftbedarf, unterbrochener Betrieb, dazu noch große Abnutzung, nicht allein des Kolbens selbst, sondern auch der Verrohrung.

Pumpverfahren

Tiefpumpe

In den Vereinigten Staaten ist die Förderung des Rohöles mittels Pumpen fast die einzige Art der Gewinnung. An das Ende der Pumpleitung, Abb. 13, ist der Pumpenzylinder vom gleichen Durchmesser mittels einer Muffenverbindung angeschlossen. Auf den Pumpenzylinder folgt ein Rohr mit gelochter Wandung, das den Ölsand zurückhalten soll. In der einfachsten Form besteht die Pumpe aus einem Stahlzylinder, einem Bodenventil und einem Kolben mit Kolbenventil. Der Kolben ist entweder mittels Lederstulpen oder eingeschliffener gußeiserner Ringe gegen den Zylinder abgedichtet und wird mittels eines Gestänges über Tage angetrieben. Die Kolbenstange muß, um dem Öl den Weg nicht zu versperren, möglichst dünn gehalten werden. Für Pumpen von 2 oder 2,5″ äußerem Durchmesser und Sondentiefen bis 1700 m sind Gestängedurchmesser von ½″ bis ⅞″ üblich. Eine Berechnung des Gestängedurchmessers ist kaum möglich, da man nicht alle die besonderen Beanspruchungen und Gesichtspunkte, die außer der Tiefe der Sonde, dem Kolbendurchmesser und Hub, außer Erdölart, Wasser- und Sandbeimengung auf den Tauchkolben beim Anheben wirken, rechnerisch berücksichtigen kann. Das Gestänge muß nur so bemessen sein, daß Betriebstörungen infolge Gestängebruchs durch Verschleiß nicht eintreten.

Abb. 11 Schöpfkolben.

a Stahlrohr
b Dichtungsgummi
c Federn
d Kugelventil

Abb. 13 Tiefpumpe im Bohrloch.

a Stopfbüchsenstange
b Kopfstück
c Rohrschelle
d Verschlußdeckel
e Pumpensteigrohr
f Bohrlochverrohrung
g Pumpengestänge
h Kolben mit Kugelventil
i Tiefpumpenzylinder
k Fußventil
l Saugrohr

Abb. 14 Tiefpumpe mit dreiteiligem Kolben.

a Kolbenventil
b Kolben mit Ledermanschetten
c eingeschliffener Stahlkolben
d Ausgleichkolben
e Kolbenverbindungsstück
f Zylinderbüchse
g Fußventil

Abb. 12
Leistungsbedarf der Förderung mittels Kolbens. Teufe 910 m, tägliche Förderung 8,8 Kesselwagen bei 24 Zügen/h, Gewicht des Kolbens mit Schwerstangen 250 kg, Durchmesser der Verrohrung 140 mm, Nennleistung des Motors 100 kW.

a Bedienungsfehler
b Anlassen

Die Schwierigkeiten bei der Konstruktion der Pumpe liegen in der Abnutzung des Kolbens und der Ventile. Verschiedene Bauarten zeigen Abb. 14 und 15. Ledermanschetten nutzen sich bei Sandbeimengungen im Öl rascher ab, als genau eingeschliffene Stahlkolben. In besonders sandhaltigen Ölen werden Kolben bis zu 1,5 m Länge verwendet. Die Ventilsitze werden vorteilhaft aus Phosphorbronze und die Kugeln aus Stahl hergestellt. Versuche, die Stahlkugel durch eine Guttaperchakugel zu ersetzen, hatten keinen Erfolg, da in tiefen Sonden die Kugeln unter dem Druck der Flüssigkeitssäule durch den Sitz gedrückt werden.

Das Ende der Verrohrung, der Pumpenleitung und des Gestänges ist aus Abb. 13 zu ersehen. Das Öl wird durch das Kopfstück *b* unmittelbar den Vorratsbehältern zugeführt. Bei gasreichen Rohölen ist über dieser Ölleitung noch eine Gasleitung vorgesehen.

Der Antrieb kann entweder als Einzel- oder Gruppenantrieb ausgebildet sein. Sonden mit großen Tiefen über 900 m erhalten für gewöhnlich Einzelantrieb. Einen Pumpenbock für Einzelantrieb stellen Abb. 16 und 17 dar. Bei sämtlichen Pumpenböcken kann man die Hubhöhe einstellen und den jeweiligen Bedürfnissen der betreffenden Sonde anpassen.

Abb. 16 und 17
Pumpenbock für Einzelantrieb.

a Rohölableitung
b Bohrlochkopf
c Pumpenschwengel
d Gegengewicht

Durchschnittlich wird ein Hub von 600 mm bei 20 Hüben/min bevorzugt. Bei Einzelantrieben verwendet man häufig Elektromotoren.

In Lagerstätten, in denen die Bohrlöcher leicht versanden, werden andre Bauarten verwendet. Diese Pumpenböcke, Abb. 18 bis 20, tragen eine Förderhaspel (Schlämmhaspel), die dazu dient, die Schlämmbüchse in das Bohrloch zu lassen; vor dem Schlämmen muß die Pumpe mit Steigrohren und Gestänge aus dem Bohrloch ausgebaut werden.

Der Gruppenantrieb kommt hauptsächlich für weniger ergiebige Sonden mit einer Tiefe unter 900 m in Frage. Vorbedingung ist natürlich, daß die Sonden so liegen, daß sie sich zu einer Gruppe vereinigen lassen. Ein mittels

Abb. 15
Tiefpumpe der Axelson Co., Los Angeles.

a Kolbenventil
b eingeschliffener Stahlkolben
c gußeiserne Zylinderbüchse
d Fußventil

Abb. 18 bis 20
Tiefpumpenbock mit Schlämmhaspel, Wirth & Co., Erkelenz.

a Antriebscheibe
b Kurbel
c Pleuel
d Pleuellager, verstellbar
e Pumpenschwengel
f verschiebbarer Zahnkranz
g Pumpenzahnrad
h Haspelzahnrad
i Antriebscheibe für Schlämmhaspel
k Schlämmhaspel

Abb. 21 bis 23
Tiefpumpen-Kehrantrieb von Wirth & Co., Erkelenz.

a, *b* Kegelrad *c* Kurbelzapfen für untere Kehrscheibe *d* Kurbelzapfen für obere Kehrscheibe *e* untere Kehrscheibe *f* obere Kehrscheibe

Abb. 25
SSW-Tauchmotor, Längsschnitt.

a Stopfbüchse
b Tellerventil
c Fliehgewichte
d Teller
e Sickerleitung
f Sumpfpumpe
g Auswurfpumpe
h Rückschlagventil
i Kupplung

Riemen von einer Dampfmaschine, einem Öl- oder Elektromotor angetriebenes Kehrrad, Abb. 21 bis 23, dient als Umleiter. Es besteht aus einem Kegelräderpaar *a* und *b*, von denen das größere wagerecht liegt. Auf diesem sind zwei Kurbelzapfen *c* und *d* angeordnet. Jeder Kurbelzapfen trägt eine Scheibe *e* und *f*, die an ihrem Umfang Bügel zum Anhängen der Zugdrähte aufweisen. Die Zugdrähte gehen zu den über jedem Bohrloch aufgestellten einfachen Pumpenböcken, Abb. 24, wo durch einen Kniehebel die wagerecht hin- und hergehende Bewegung des Schwengels auf das Pumpengestänge umgeleitet wird. Die Zugdrähte übertragen die Zugbewegung zu den Pumpenböcken bis auf 100 m Entfernung und mehr.

Abb. 24. Pumpenbock für Gruppenantrieb.

Der Pumpbetrieb hat gegenüber dem Schöpf- und Kolbentrieb ganz bedeutende Vorteile. Die bewegten Massen können teilweise ausgeglichen und durch geeignete Zusammenstellung einer Gruppe zum Gruppenantrieb der Gleichgang des Antriebmotors annähernd erreicht werden; man kann dann unter Umständen Bohrlöcher mit sehr geringer Ergiebigkeit noch wirtschaftlich ausbeuten. Die bis jetzt konstruierten Pumpen haben aber den außerordentlichen Nachteil, daß man sie nicht vor Verschleiß durch Ölsand, Anfressungen durch salz- und schwefelhaltiges Wasser und Verwachsen durch Paraffin schützen kann. In sehr paraffinreichen Öllagern kann die Pumpe überhaupt nicht benutzt werden. Auf vielen Feldern beträgt die Lebensdauer der Pumpen ohne Ersatz der Teile im Mittel vier Wochen. In Kalifornien beträgt im allgemeinen die mittlere Lebensdauer einer Pumpe zwei bis drei Monate.

Die Wirtschaftlichkeit des Pumpbetriebes hängt zum größten Teil nur von dem Sandgehalt des Erdöls ab. Gelinge es, eine solche Art des Pumpens ausfindig zu machen, bei der der zusammen mit dem Öl dem Bohrloch zufließende Sand dem Bohrloch ohne Schädigung der Pumpe entzogen wird, so wäre eine einheitliche, überall anwendbare Gewinnungsart gefunden.

Tauchpumpe

Der Wirkungsgrad einer Tiefpumpenanlage wird noch sehr herabgedrückt durch die vielen einzelnen über Tage notwendigen Maschinenteile, durch den Vorgang des Pumpens selbst. Muß doch bei jedem Förderhub die gesamte in der oft 1500 m langen Steigleitung ruhende Flüssigkeit in Bewegung gesetzt werden. Bei Einzelantrieb wird die Leistung des Motors nur beim Förderhub voll ausgenutzt.

Um alle diese Nachteile zu beseitigen, beschreiten die Siemens-Schuckert-Werke einen neuen Weg. Der Konstrukteur hat ganz richtig erkannt, daß die technisch vollkommenste Lösung erst erreicht ist, wenn Motor und Rollkolbenpumpe als gemeinsames Aggregat in die Lagerstätte eingesetzt werden können. Die Tauchpumpe wird in zwei Größen hergestellt und zwar mit einem Asynchronmotor von 13 kW mit 3000 U/min für Bohrlöcher von 190 mm Dmr. und für Bohrlöcher von 140 mm Dmr. mit einem Motor von 6,5 kW mit ebenfalls 3000 U/min. Die Pumpe fördert noch Rohöl aus Tiefen von 800 m; für größere Tiefen können zwei oder drei Pumpensätze übereinander eingebaut werden.

Der ganze Motorpumpensatz hängt an der Steigleitung für das Erdöl, an der auch die Stromzuführung befestigt ist. Der elektrische Teil, Motor und Stromzuführung, kann als gelöst betrachtet werden.

Bei dem mechanischen Aufbau des Motors, Abb. 25, ergaben sich einige Schwierigkeiten, deren technische Lösung beachtenswert ist. Zwischen Pumpe und Motor kann durch die Stopfbüchse *a*, nicht nur während des Betriebes, sondern auch bei stillstehendem Motor Förderflüssigkeit eindringen. Das Eindringen während des Stillstandes ist besonders gefährlich, wurde aber durch eine einfache Konstruktion vermieden. Durch die Stopfbüchse geht nicht unmittelbar die Motorwelle durch, sondern der Hals eines eingeschliffenen Tellerventils *b*, das mit der Welle durch Feder und Nut verbunden ist. Bei Stillstand dichtet dieses Ventil den Motor vollständig ab, während des Betriebs muß es aber natürlich abgehoben sein, deshalb ist der Läufer etwas axial verschiebbar.

Der Läufer wird im Betriebe mittels der beiden Fliehgewichte *c* hochgehoben. Diese sind so bemessen, daß sie beim Anlaufen des Motors mittels einer Nase den ganzen umlaufenden Teil des Motors heben können. Bei Stillstand drückt das Läufergewicht auf die Nasen der Fliehgewichte, und diese stellen sich so ein, daß das Tellerventil geschlossen ist. Das Eindringen von Fördergut während des Betriebes läßt sich nicht vermeiden. Die durchgesickerte Flüssigkeit kann durch die Rohrleitung *e* in den untersten Raum des Motors gelangen, von wo sie mittels einer kleinen Sumpfpumpe *f* durch die mit einem Rückschlagventil *h* versehene Auswurfleitung *g* in das Bohrloch zurückgepumpt wird.

Die Sumpfpumpe läuft nur, wenn sich genügend Flüssigkeit angesammelt hat. Dies bewerkstelligt die Kupplung *i*. Diese besteht aus zwei Schaufelrädern, die konzentrisch in einander laufen, Abb. 26. Steigt die Flüssigkeit nun so hoch an, daß der Zwischenraum der Kupplung sich damit füllt, so wird infolge der Flüssigkeitsreibung auch das äußere auf der Sumpfpumpenwelle sitzende Rad mitgenommen, und die Sumpfpumpe arbeitet so lange, bis der Flüssigkeitsspiegel wieder gesunken ist. Dieser elektrische Teil des Tauchpumpensatzes hat sich im Dauerbetrieb gut bewährt.

Bei 600 m Tiefe und rd. 6 Kesselwagen täglicher Förderung werden monatlich rd. 7200 kWh verbraucht. Eine Schöpfanlage für gleiche Verhältnisse erfordert 21 000 kWh. Die Energieersparnis beträgt also rd. 60 vH.

Weniger gute Ergebnisse zeigte die vom Motor angetriebene Rollkolbenpumpe. Während sich im Gegensatz zu den Tiefpumpen der Paraffingehalt des Öles als nicht schädlich erwies und durch geeignete Wahl des Werkstoffes der Verschleiß infolge Anfressung durch Salzwasser ebenfalls beseitigt werden konnte, stieß man bei gashaltigen Lagerstätten und sandhaltigem Öl auf die alten Schwierigkeiten. Die durch Gase entstehende Schwierigkeit konnte durch eine besondere Absaugvorrichtung über Tage beseitigt werden. Der Verschleiß durch Sand war aber bei der Rollkolbenpumpe bedeutend größer als bei den Kolbenpumpen. Wird es den deutschen Ingenieuren gelingen, auch noch diese letzte Frage zu lösen?

Schachtförderung

Neben all diesen Aufgaben, die die wirtschaftliche Gewinnung des Erdöls stellt, steht eine noch umfassendere: Die restlose Ausbeutung des oft unter so viel Aufwendung von Geld erschlossenen Erdöllagers. Untersuchungen haben ergeben, daß man mittels der bis jetzt besprochenen Verfahren höchstens 20 vH der in der Lagerstätte vorhandenen Rohölmengen gewinnen kann. Auch durch richtig angewandte Wasserüberflutung und durch Einführen von Druckluft in einzelne Bohrlöcher des Lagers konnte man die Ausbeute nicht bedeutend steigern. Steht man hier nicht vor einer mit den heutigen Mitteln der Technik unlösbaren Aufgabe?

Für die Gewinnung der noch im Lager verbleibenden Ölschätze bleibt noch ein Weg offen: Die bergmännische Gewinnung durch Schachtbetrieb und Stollenbau[7]). Die Deutsche Erdöl-A.-G. hat während des Krieges in Pechelbronn im Elsaß neuzeitliche Tiefbauschächte niedergebracht und die dort gemachten Erfahrungen besonders im hannoverschen Ölgebiet erweitert. In Wietze wird durch eine Doppelschachtanlage aus einer Tiefe von 240 m Rohöl bergmännisch gewonnen (siehe Titelbild).

Abb. 26
Flüssigkeitskupplung zwischen Ankerwelle und Sumpfpumpenwelle.

Die Gewinnung von Erdöl im Bergwerkbetrieb unter Tage ist natürlich mit ganz erheblichen Schwierigkeiten verbunden und steht auch erst im Anfang der Entwicklung. Der Betrieb, der grundsätzlich dem Bergbau auf Erze und Kohlen gleicht, muß sich den Eigenarten der verschiedenen Lagerstätten anzupassen verstehen. Bislang eignet er sich auch nur für schon durch vorausgegangenen Sondenbetrieb entgaste Lager. Das Abteufen des Schachtes, der Ausbau der Stollen ist ganz von dem anstehenden Gebirge sowie von der Beschaffenheit des ölführenden Sandes abhängig. Wie bei einer Öllagerstätte der Schacht niedergebracht und die Lager angefahren werden, zeigt Abb. 27.

Der Bergwerkbetrieb auf Erdöl erstreckt sich einmal auf das aus dem Ölsand in die Strecken sickernde Rohöl und dann auf die Gewinnung des Ölträgers selbst. Es muß darauf hingezielt werden, dieses ölführende Gestein maschinell abbauen zu können, um eine möglichst wirtschaftliche Gewinnung zu erreichen. Vielfach setzt dem die Beschaffenheit des Lagers große Schwierigkeiten entgegen. Die Aufbereitung des abgebauten Ölsandes hängt zum Teil von der Art des Abbaues selbst ab. Manchmal ist das Öl mit seinem Träger in so enger Verbindung,

[7]) G. Schneiders, Die Gewinnung von Erdöl mit besonderer Berücksichtigung der bergmännischen Gewinnung, Berlin 1927.

Abb. 27
Schnitt durch eine Öllagerstätte mit Bergbau.
a bis *d* streichende Strecken

daß es davon nur durch Schwelen unter Luftabschluß getrennt werden kann, besonders wenn dieser aus erdigen, kalkigen Gesteinen besteht.

Ölsande lassen sich durch Waschen aufbereiten, wobei man das Waschwasser meistens erwärmt. Kann man den Ölsand hydraulisch abbauen, so gestaltet sich die Gewinnung und Aufbereitung am einfachsten; denn es erübrigt sich die Schachtförderung, da Gewinnung und Aufbereitung vereinigt werden und die Sandmassen sofort als Spülversatz in der Grube verwertet werden können.

Die Ölsande von Wietze werden von der Deutschen Erdöl A.-G. nach dem in Abb. 28 schematisch dargestellten Verfahren aufbereitet, das auch unter Tage erfolgen kann. Die Dampfdüsen *c* wirbeln den in den Trichtern *b* sich befindenden Ölsand auf, so daß das Öl in dem heißen Wasser, unterstützt durch den Dampf, von den Sandkörnern getrennt wird und an die Oberfläche des Wassers steigt. Die unterste Dampfdüse *f* soll ein Verstopfen des Abflusses verhindern.[8])

Die Verhältnisse des Ölbergbaues sind noch zu verworren, als daß genauere Unterlagen über seine Wirtschaftlichkeit vorhanden oder veröffentlicht wären. Sie ist von so viel Punkten abhängig und kann auch kaum vor Erschließung des Lagers durch den Schacht berechnet werden. Wenn man schon von vornherein mit einem großen Zufluß an Sickeröl rechnen kann, liegen die Verhältnisse günstig. Bei festem Gebirge rechnet man im allgemeinen mit einer Wirtschaftlichkeitsgrenze bei 15 bis 18 vH Ölgehalt, die bei einem lockeren Ölträger und hydraulischem Abbau bis auf 10 vH und noch weniger heruntergehen kann.

Zusammenfassung

Wir sehen, daß auf dem Gebiete der Erdölgewinnung, insbesondere der Förderung des Rohöls aus dem Lager, noch große, wichtige Aufgaben ihrer technischen Lösung harren. Das Ziel ist, solche Verfahren zu entwickeln, die einesteils gestatten, das erbohrte Rohöl möglichst wirtschaftlich zu heben, anderseits das erschlossene Lager restlos auszubeuten. Gelingt es insbesondere, die üblichen bergbaulichen Verfahren dem Erdölbergbau erfolgreich anzupassen, so können nicht nur die durch Sondenbetrieb schon erschlossenen Ölfelder restlos ausgebeutet werden, sondern man kann auch an die Ausbeutung solcher Ölfelder herantreten, die sich für Sondenbetrieb nicht eignen, wo das Öl unter einem zu geringen Gasdruck steht, um aus dem führenden Sand auszufließen. [B 1945]

[8]) s. a. DRP Nr. 400 122, 435 302, 433 978.

Abb. 28
Ölsandaufbereitung der Deutschen-Erdöl-A.-G. in Wietze.
a Verteiler
b Trichter
c, *e* Dampfdüse
d Ablaufschieber
f Ablauf für heißes Wasser

Zusammenarbeit zwischen Hochöfen, Koksöfen und Siemens-Martin-Öfen

In einem der Sektion W der Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz London 1928 eingereichten Bericht setzt Ch. Berthelot auseinander, daß es durch geeignetes Ineinanderarbeiten der verschiedenen Arbeitsgänge in einem Eisen- und Stahlwerk möglich sein müßte 1 t Fertigstahl mit rd. 1,75 t guter Kokskohle herzustellen und dabei noch als wertvolle Nebenerzeugnisse Gas, elektrische Energie, Teer, Ammoniumsulfat usw. zu erhalten[1]).

Bei einer Hochofenanlage mit einer Erzeugung von 500 000 t Roheisen in einem Jahr, die mit Ausnahme von 50 000 t Roheisen, die nach auswärts verkauft werden, zu Stahl verarbeitet werden, und bei einer Erzeugungszeit von 7200 h unter Berücksichtigung von etwaigen Stillständen müssen 70 t/h erzeugt werden. Bei einem Eisengehalt der Erze von 42 vH kann man mit 1,2 t Koks für 1 t Roheisen rechnen. Die Koksöfen hätten also 84 t/h Koks zu erzeugen entsprechend 122 t trockener Kokskohle.

Während die Hochöfen und Stahlwerke nur 300 Tage im Jahr oder 7200 h arbeiten, arbeitet die Koksofenanlage 360 Tage oder 8640 h. Der Koksverbrauch beträgt daher $7200 \times 84 = 604\,800$ t und die verkokte Kohlenmenge $7200 \times 122 = 878\,400$ t oder 101,6 t/h. Die von den Koksöfen erzeugte Gasmenge beträgt 310 m³ aus 1 t Trockenkohle mit einem Heizwert von 4500 kcal. An Hochofengasen werden auf 1 t Roheisen 4500 m³ erzeugt. Im ganzen werden also $310 \times 122 = 37\,820$ m³/h Koksofengas und $4500 \times 70 = 315\,000$ m³/h Hochofengas erzeugt. Der Bedarf an elektrischer Leistung für Hochöfen, Stahlwerk und Nebenbetriebe beträgt etwa 27 000 kW. Bei der Verwendung von Gasmaschinen in Verbindung mit Abhitzekesseln und Dampfturbinen und unter der Annahme, daß die Anlage mit 75 vH ihrer Leistungsfähigkeit arbeitet, könnte die elektrische Energie leicht von 122 000 m³ Hochofengas erzeugt werden. Die für die Winderhitzer notwendige Gasmenge könnte bei strenger Regelung und Verwendung der bewährten Pfoser-Strack-Stumm-Ausmauerung auf 30 vH der gesamten erzeugten Hochofengasmenge herabgedrückt werden, d. h. auf 95 000 m³/h.

Zum Beheizen der Koksöfen mit Hochofengas, unter der Annahme, daß Gas und Luft in getrennten Regeneratoren vorgewärmt werden, braucht man für die Verkokung von 122 t/h Kokskohle:

$$\frac{122 \times 520\,000}{900} = 70\,488 \text{ m}^3$$

oder rd. 72 000 m³/h Hochofengas. Der Wärmeverbrauch zum Verkoken von 1 t Kohle mit 12 vH Feuchtigkeit überschreitet in den heutigen Koksöfen nie 520 000 kcal. Der Heizwert des Hochofengases ist mit 900 kcal angenommen.

Die gesamte Gasmenge beträgt also:

Hochofengas:	
Zur Erzeugung elektrischer Energie . . .	122 000 m³
Zur Beheizung der Winderhitzer	95 000 m³
Zur Beheizung der Koksöfen	72 000 m³
Insgesamt	289 000 m³

Koksofengas:	
Zur Beheizung der Siemens-Martin-Öfen .	7 300 m³
Zur Beheizung der Walzwerksöfen . . .	19 500 m³
Zur Beheizung der Glüh- und andern Öfen	1 300 m³
Ingesamt	28 100 m³

Diese Zahlen entsprechen einem Verbrauch von 122 t Kohle zur Erzeugung von 70 t Fertigerzeugnisse.

Erzeugt werden 315 000 m³ Hochofengas, verbraucht im Werk 289 000 m³, also verbleiben für andre Zwecke 8,2 vH. An Koksofengas werden 37 820 m³ erzeugt, 28 100 m³ im Werk verbraucht, also verbleiben für andre Zwecke 26 vH.
[N 2347] Ste.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1625.

Die Gasturbine von C. Lorenzen

Von Dr. techn. A. Heller, Berlin

Ergebnisse einer von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt geprüften Auspuff-Gasturbine — Auspuff-Gasturbinen für Kraftwagen — Reine Gasturbinen als Kraftmaschinen

Auf dem Gebiete der Entwicklung einer genügend betriebsicheren und thermisch wirtschaftlichen Gasturbine, die namentlich in Deutschland gefördert worden ist und in vieler Augen immer noch als die Kraftmaschine der Zukunft gilt, bedeuten die Arbeiten von C. Lorenzen[1]), die schon während des Krieges begonnen, aber erst in neuerer Zeit wieder aufgenommen worden sind, einen wichtigen Schritt vorwärts. Sein Vorschlag, der ausschlaggebenden Schaufelfrage solcher Maschinen durch eine Kühlung der Schaufeln von innen her mittels der durch das Laufrad unter Druck gesetzten Kühlluft, die gleich auch das Laufrad kühlt, beizukommen, war nicht nur ein grundlegend neuer Gedanke, obgleich Luftkühlung und Hohlschaufeln schon wiederholt vorgeschlagen worden waren; er hat sich vielmehr auch in der Ausführung als ein Weg erwiesen, der ermöglicht, die Temperaturen der Schaufeln im Betrieb mit Sicherheit zu beherrschen, und eröffnet die heute vielleicht günstigste Aussicht, eine baulich sehr einfache Gasturbine zu entwickeln, die auch im Dauerbetrieb genügend zuverlässig und mit gutem, thermischem Wirkungsgrad arbeiten könnte. Die Druckluft, die zum Kühlen der Schaufeln dient, erzeugt sich die Turbine selbst, am einfachsten mittels eines im Innern des Turbinenlaufrades angeordneten Gebläserades, das mit dem Turbinenrad umläuft. Dadurch erhält der kühlende Luftstrom auch gleich beim Austritt aus dem Verdichterlaufrad die Richtung, die den stoßfreien Eintritt der Luft in die hohlen Schaufeln des Turbinenlaufrades ermöglicht. Die Wärme, die hier auf die Luft übertragen wird, läßt sich durch Einführen der Luft in den Kreisprozeß der Gasturbine teilweise zurückgewinnen.

[1]) DRP 346 599 vom 3. August 1920.

Abb. 1
Einzelteile der Gasturbine von Lorenzen.

Abb. 2
Versuchsanlage der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof.

Abb. 3
Plan der Versuchsanlage.

Meßstellen:

- t_1 Abgastemperatur vor der Turbine
- t_2 „ hinter „ „
- t_0 „ am Motor
- t_3 Temperatur der geförderten Luft
- p_1 Druck der Abgase vor der Turbine
- p_2 „ „ „ hinter „ „
- p_3 „ „ „ am Motor
- p_4 Verdichtungsdruck
- D_I Angesaugte Luftmenge vor der Turbine
- D_{II} Venturirohr am Vergaser
- p_u Unterdruck vor der Turbine

- *a* Abgasturbine
- *b* Auspufftopf
- *c* Hispano-Suiza-Flugmotor
- *d* Wasserbremse
- *e* Elektromotor
- *f* Kühlzelle
- *g* Aerzener Koppelgebläse
- *h* Rolls-Royce-Flugmotor
- *i* Kessel von rd. 30 m³ Inhalt
- *k* Austritt der warmen Luft
- *l* Lufteintritt
- *m* Druckausgleichleitung
- *n* Wassereinspritzdüse
- *o* Unterdruckanzeiger

Abb. 4
Verlauf der Temperaturen der Auspuffgase.

Abb. 5
Gegendrücke im Auspufftopf.

Abb. 6
Enddrücke des Gebläses.

Abb. 7
Vom Gebläse angesogene und geförderte Luftmenge.

Abb. 8
Gesamtwirkungsgrad der Auspuffgasturbine.

Bisher liegen praktische Erfahrungen mit Gasturbinen dieser Art nur für den Betrieb mit Auspuffgasen von schnellaufenden Vergasermotoren vor.

Versuche der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt

Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt in Adlershof hat im Laufe des Jahres 1926 eine Reihe von Versuchen mit einer Auspuff-Gasturbine der Bauart Lorenzen durchgeführt, über die ein amtlicher Bericht vom 5. November 1926 vorliegt. Die Einzelteile dieser Gasturbine mit dem Gebläserad auf der Welle zeigt Abb. 1, die allgemeine Anordnung der Bauart der Versuchsanlage ist aus Abb. 2 und 3 zu ersehen.

Die Gasturbine *a* ist über einen Auspufftopf *b* an einen Hispano-Suiza-Flugmotor *c* von 300 PS angeschlossen, dessen Leistung in einer Wasserbremse *d* vernichtet wird. Zum Anlassen des Flugmotors dient der Elektromotor *e*. Hinter der Gasturbine werden die Auspuffgase entweder unmittelbar ins Freie abgeleitet oder, wenn der Betrieb in größeren Flughöhen nachgeahmt werden soll, über eine Kühlzelle *f* mittels eines Aerze-

Abb. 9 und 10
Auspuff-Gasturbine für Kraftwagen.

a Turbinenlaufrad (zwei Stahlscheiben)
b hohle Turbinenschaufeln
c Eintrittstutzen für die Abgase
d Gasraum vor dem Turbinenlaufrad
e Auspuffkammer
e_1 Auspuffstutzen
f Laufrad des Gebläses
g Leitkanäle für Luft
h Diffusor
i Labyrinthringe

ner Koppelgebläses *g* abgesaugt, das von einem Rolls-Royce-Flugmotor *h* von 300 PS angetrieben wird. Das mit der Gasturbine verbundene Gebläse saugt die Luft aus einem Kessel *i* von 30 m³ Inhalt an. Die warme Luft tritt bei *k* aus, wo ihre Menge mittels verschiedener Düsen bestimmt werden kann.

In Abb. 4 bis 8 sind die wichtigsten Ergebnisse der Messungen an dieser Anlage, bei denen die Auspuffgase hinter der Gasturbine nicht abgesogen wurden, dargestellt. Die Messungen der vom Kompressor geförderten Luft an der Stelle *k* wurden mit drei verschiedenen Düsen 1, 2, 3 ausgeführt; entsprechend den Änderungen der Verdichterleistungen, die sich bei einer gegebenen Drehzahl infolge der Unterschiede der Meßdüsen ergeben, ändern sich auch die Leistungen der Gasturbine. Dadurch ergibt sich für jede der benutzten Meßdüsen ein andrer Verlauf der Temperaturen und Drücke der Auspuffgase.

Zu Abb. 4 ist zu bemerken, daß sich der verhältnismäßig große Abfall der Gastemperatur zwischen Motor (t_0) und Laufrad (t_1) durch Verkürzung der Auspuffleitung zum Vorteil der nutzbaren Turbinenleistung vermindern lassen würde. Das von der Turbine ausgenutzte Wärmegefälle ist nicht groß und rechtfertigt die Annahme, daß es möglich sein wird, die Wärme der Gase hinter dem Turbinenlaufrad noch zu einem erheblichen Teil auf die Verbrennungsluft zu übertragen und dadurch wieder in einer Kraftmaschine nutzbar zu machen. Natürlich käme dieses Verfahren nur bei einer reinen Gasturbine, nicht aber beim Betrieb mit Auspuffgasen in Frage.

Der Verlauf des Gegendrucks im Auspufftopf, Abb. 5, gibt auch bei den höchsten Drehzahlen keinen Anlaß, ungünstige Rückwirkungen auf die Betriebsicherheit der vorgeschalteten Kraftmaschine zu befürchten, da diese Drücke nicht einmal 0,5 at erreichen. Die Drücke der vom Gebläse verdichteten Luft, Abb. 6, sind niedrig, obgleich der hydraulische Wirkungsgrad 50 bis 70 vH beträgt. Das erklärt sich vor allem dadurch, daß bei der untersuchten Gasturbine etwa die Hälfte der geförderten Luft in die Auspuffleitung der Gasturbine entweichen kann. Diesem Mangel wird bei der neueren Ausführung durch eine Labyrinthdichtung an den Enden der Turbinenschaufeln abgeholfen.

Aus Abb. 8 kann man schließen, daß die Gasturbine schon in der vorliegenden, sehr einfachen Ausführung zwischen 10 000 und 25 000 U/min im Mittel 12 bis 16 vH der Energie der Auspuffgase vor dem Laufrad in Nutzarbeit des Gebläses umwandelt, wobei die höheren Wirkungsgrade den niedrigeren Drehzahlen entsprechen. Das ist ein sehr günstiges Ergebnis und erweckt die Hoffnung, daß es möglich sein wird, mittels der Gasturbine den thermischen Wirkungsgrad von Kraftanlagen wesentlich über das heute erreichbare Maß zu steigern.

Gasturbinen für Kraftwagen

Eine kleine Gasturbine von ähnlicher Bauart, wie die von der Deutschen Versuchsanstalt in Adlershof geprüfte, wurde an den Vierzylindermotor eines 10 PS-Mercedes-Kompressor-Kraftwagens an Stelle des früheren Roots-Gebläses angebaut, s. Abb. 9 bis 12. Die Auspuffgase treten auf kürzestem Weg in das Gehäuse der Gasturbine ein und verlassen es in der Richtung senkrecht und abwärts mit so geringem Druck, daß der Motorauspuff fast geräuschlos ist, obgleich kein Schalldämpfer benutzt wird.

Die heiße Druckluft, die das Gebläse fördert, wird dem Vergaser zugeleitet. Ihre Wärme dient dazu, das Verdampfen des von der Vergaserdüse zerstäubten Brennstoffes zu beschleunigen, was zusammen mit dem höheren Druck des Gemisches die Leistungsfähigkeit des Motors, namentlich bei niedrigeren Drehzahlen, erhöht und die Verwendung schwerer verdampfbarer Brennstoffe erleichtert. Wichtig ist hierbei, daß die Förderung des Gebläses schon bei niedrigen Motordrehzahlen beginnt, also gerade da, wo man das höhere Motordrehmoment gut gebrauchen kann. Bei Versuchsfahrten mit diesem Wagen konnte man dies daran erkennen, daß der Motor den Wagen auch bei geringer Fahrgeschwindigkeit ohne Umschalten des Getriebes durchzieht.

Abb. 11
Vergaserseite.

Abb. 12
Auspuffseite.

Der Aufbau der Gasturbine ist aus Abb. 9 und 10 zu entnehmen. Das eigentliche Turbinenlaufrad besteht aus zwei Stahlscheiben *a*, die zwischen ihren äußeren Rändern in unterschnittenen Ringnuten die Füße der hohlen Turbinenschaufeln *b* festhalten. Diese sind aus dünnen Rohrstücken aus einem Sonderstahl der Bismarckhütte in ihrem Hauptteil so gepreßt, daß sie im mittleren Teil die richtige Schaufelform erhalten, während die äußeren Enden vierkantig sind.

Die Auspuffgase des Motors treten über die Stutzen *c* in den Raum *d* und puffen nach dem Durchgang durch die Turbinenschaufeln aus dem Raum *e* senkrecht nach unten aus (e_1). Zwischen den Scheiben *a* ist das Laufrad *f* des Gebläses befestigt, das von außen her über Leitkanäle *g* der Turbinenscheiben Luft ansaugt und sie durch die hohlen Schaufeln in den Diffusor *h* drückt. In diesen Raum reichen die vierkantigen Enden der Turbinenschaufeln hinein. Sie sind in dem Spalt durch Labyrinthringe *i* abgedichtet, damit möglichst wenig Druckluft aus dem Diffusor in die Auspuffkammer *e* verloren geht.

Die Welle der Gasturbine, die nach außen nicht heraustritt, läuft in Kugellagern. Ihr Gehäuse wird durch die zuströmende Außenluft sowie durch das Kühlwasser des Motors gekühlt. Die Außenmaße der ganzen Gasturbine entsprechen ungefähr denen andrer Motorgebläse, so daß ihr Einbau in übliche Kraftwagen kaum Schwierigkeiten bereiten kann. Auch die für den Einbau der Gasturbine notwendigen Änderungen der Rohrleitungen sind so gering, daß man sie an jedem Motor nachträglich vornehmen kann.

Der Wagen ist mit dem Gebläse schon seit einigen Monaten im Betrieb und hat bisher keine Störungen gezeigt. Die Möglichkeit, dem Motor namentlich bei niedriger Drehzahl gut verdampftes Gemisch von ansehnlichem Überdruck zuzuführen und dadurch das Drehmoment des Motors zu steigern, verbessert die Aussichten des Kraftwagens, der, außer vielleicht beim Anfahren, ohne Umschalten des Wechselgetriebes verwendet werden kann. Voraussetzung hierfür scheint vor allem zu sein, daß es gelingt, die Nutzleistung der Abgasturbine heraufzusetzen.

Neben den bereits genannten Wegen wäre noch der zu erwähnen, daß man trachtet, die Geschwindigkeit der Auspuffgase beim Austritt aus dem Motorzylinder zu steigern. Ein hierfür geeignetes Verfahren, das auch schon praktisch erprobt wird, besteht nach einem Vorschlag von Lorenzen darin, die Öffnung, die beim Anhub des Auspuffventils im Zylinder freigelegt wird, düsenartig zu gestalten. Nach Abb. 13 versieht man zu diesem Zweck das Ventil *a* mit einer Blechkappe *b*, deren unterer Rand an dem Ventilhalter oberhalb der Sitzfläche hart angelötet wird, während der besonders eingesetzte Ventilsitz *c* von der kegeligen Sitzfläche ab gleichmäßig gekrümmt wird. Der engste Querschnitt, den ein solches Ventil freigibt, nimmt mit zunehmendem Hub nicht gleichförmig zu, sondern wird verhältnismäßig kleiner, so daß während des ganzen Hubes die Höchstgeschwindigkeit der Auspuffgase erreicht wird.

Reine Gasturbinen

Versuche, die günstigen Erfahrungen, die der Betrieb dieser Gasturbinen mit Auspuffgasen bisher geliefert hat, auf den Bau einer großen Gleichdruck-Gasturbine anzuwenden, sind zur Zeit im Gange. Näheres über das Arbeitsverfahren dieser Kraftmaschine kann leider noch nicht mitgeteilt werden. [B 2332]

Abb. 13
Düsen-Auspuffventil nach Lorenzen.
a Ventilteller *b* Bleikappe *c* Ventilsitz

Die Maschinenanlage des Kraftwerks Lilla Edet

Von Oberbaudirektor A. Ekwall und Dipl.-Ing. H. Munding, Stockholm

Erstes europäisches Großkraftwerk mit Schnelläufern. — Länge der Saugrohre. — Gesamtaufbau. — Regelung der Kaplan-Turbine. — Genaue Herstellung der Laufschaufel beider Turbinenarten. — Beschreibung der Regler und Druckölanlagen. — Elektrischer Antrieb der Druckölpumpen. — Stromerzeuger mit Michelspurlager. — Federunterstützung der Segmente. — Wirkungsgrade der Turbinen, Vergleich mit den Wirkungsgraden der Modellräder. — Betriebserfahrungen.

Nachdem in Heft 39 dieser Zeitschrift, S. 1361, die wichtigsten Bauanlagen des Kraftwerkes Lilla Edet behandelt worden sind, wollen wir nunmehr näher auf die Turbinen und Stromerzeuger eingehen. Nach eingehenden Untersuchungen hat die königliche Wasserfallverwaltung beschlossen, das Werk mit Einradturbinen hoher Schnelligkeit auszurüsten, und zwar sind eine Kaplan-Turbine und zwei Lawaczeck-Turbinen eingebaut worden[1]. Diese Bestellung erregte s. Z. in der Fachwelt berechtigtes Aufsehen, war es doch die erste Bestellung auf eine Großturbine, Bauart Kaplan, und die erste Bestellung auf große Propellerturbinen der noch unbekannten Bauart Lawaczeck. Zwar hatte die Firma Storek, Brünn, schon eine größere Zahl Kaplan-Turbinen seit Jahren in Betrieb gesetzt, ohne sich jedoch die Beachtung von bedeutenderen Wasserwerken verschaffen zu können.

Erst durch die Vergebung der Turbinen für das Kraftwerk Lilla Edet kam die Schnelläuferfrage überall in Europa wieder auf und gab den Anstoß zu der folgenden raschen Entwicklung moderner Schnelläufer.

Die am weitesten westlich gelegene Turbine 1 ist die Kaplan-Turbine, die von den Verkstaden Kristinehamn geliefert wurde; die beiden anderen Turbinen 2 und 3 sind Lawaczeck-Turbinen von Aktiebolag Finshyttan. Turbine 1 und 2 haben Saugrohre von derselben Länge, während Turbine 3 ein um 7 m kürzeres Saugrohr hat. Die Saugrohrlänge, längs der Mittellinie gemessen, ist bei Turbine 1 etwa gleich dem 5,8fachen, bei Turbine 2 etwa gleich dem 5,5fachen und bei Turbine 3 etwa gleich dem 4,3fachen Laufraddurchmesser.

Die Kaplan-Turbine

Für den Einbau des Turbinenleitwerkes im Beton ist nur ein schwerer Betonfassungsring vorgesehen, der bei der Kaplan-Turbine auf zwölf, bei den Lawaczeck-Turbinen auf zehn schweren, kreisrunden, schmiedeisernen Säulen ruht, die die Last eines Teiles der Betonmassen des Maschinensaal-Fußbodens, des Betonfundaments für den Stromerzeuger, des Stromerzeugers, des Laufrades und des hydraulischen Axialschub des Laufrades auf die Gebäudegründung übertragen.

An den Betonfassungsring schließt sich der Leitraddeckel mit den Lagern für die langen oberen Leitschaufelzapfen an. Die unteren Leitschaufelzapfen sind in einem verhältnismäßig leichten Ring gelagert, der mit der Laufradkammer verschraubt ist und an den sich gußeiserne Ringe anschließen, die lediglich den Beton gegen den Angriff des mit hoher Geschwindigkeit in den Leitapparat eintretenden Wassers schützen. Auch an den oberen Betonfassungsring schließt sich nach außen hin ebenfalls ein Schutzring an. Die Laufradkammer sitzt auf einem gußeisernen Fundamentring, der durch die Blechbekleidung des Saugrohres fortgesetzt wird. Wegen des stark wirbelhaften Austrittes aus dem Laufrad hat man das Saugrohr unterhalb der Blechbekleidung noch teilweise mit Klinkermauerwerk bekleidet.

Bei der Kaplan-Turbine, Abb. 1, liegen innerhalb des Leitraddeckels zwei weitere Ringe; hiervon trägt der eine den Regulierring, der andere das Wellenhalslager von 730 mm Dmr., das mit Weißmetall gefüttert ist und dessen Ölumlauf durch eine kleine Ölpumpe, die unmittel-

Abb. 1
Schnitt durch Maschinensatz 1 mit Kaplanturbine.
a Labyrinth-Stopfbüchse *b* gußeiserner Ring

[1] s. a. Englesson u. Svala Tekn. Tidskrift Bd. 57 (1927) S. M 32 und 39.

bar von der Welle mittels Zahnradübersetzung angetrieben wird, sichergestellt ist. Der äußere und der mittlere Ring sind durch einen losen T-Flansch so verbunden, daß die beiden Ringe ganz oder segmentweise, unabhängig voneinander entfernt werden können. Unter dem Wellenhalslager sitzt eine Labyrinth-Stopfbüchse mit Verzahnung, die soviel axiales Spiel gestattet, daß die einzelnen Segmente des Spurlagers zwecks Besichtigung oder Ausbesserung herausgenommen werden können.

Die Laufradkammer besteht aus einem gußeisernen Ring, Abb. 2, der in acht Segmente eingeteilt ist; hiervon

Abb. 2
Laufradkammer und oberer Teil des Saugrohres der Kaplanturbine während des Zusammenbaues.

Abb. 3. Einbau der Kaplanturbine.

a Betonpfeiler für den Aufbau des oberen Betonfassungsringes
b vier Zugstangen für die Aufhängung des Laufrades
c wegnehmbarer Teil der Laufradkammer

sind sechs fest einbetoniert, während zwei herausnehmbar sind, Abb. 3, um den Ausbau von Laufradschaufeln zu ermöglichen, ohne den Stromerzeuger abbauen zu müssen. Aus dieser Abbildung ist auch zu ersehen, wie die Turbine eingebaut wurde, ohne daß Aussparungen in den knapp bemessenen Betonkonstruktionen notwendig waren.

Die Laufradschaufeln sitzen drehbar in einer Nabe von 2350 mm Dmr., rd. $^4/_{10}$ des Laufraddurchmessers von 5800 mm. Die Regelvorrichtung ist in Abb. 4 und 5 dargestellt. Die Drehung der Laufradschaufeln wird durch die Verstellung der Leitradschaufeln eingeleitet und muß so arbeiten, daß zu einer bestimmten Stellung der Leitvorrichtung bei ein und demselben Gefäll immer nur eine

Abb. 4 und 5
Regelvorrichtung.

a Servomotor für die Leitvorrichtung
b Reglerhebel
c Kurvenscheibe
d Druckölzulauf
e Ölablauf
f Ölbehälter, gleichzeitig Lagerung von *c*
g Stromerzeugerwelle
h Ventilstange (läuft nicht um)
i Turbinenwelle
k Regelventil
l Servomotor für die Laufschaufeln
m Kolbenstange von *l* mit den Kurbelschleifen
n Regulierring
o Schaufelmittelzapfen
p Verstellzapfen
q Haltering
r Dichtungsring
a_1 Verstellwinkel für die Leitvorrichtung
a_2 Stellung bei kleinster Laufradöffnung
a_3 bis a_6 Schließrichtungen

einzige Laufradstellung möglich ist. Das Steuerventil des Servomotors für die Laufradschaufeln muß also mit dem Servomotor des Leitapparates fest verbunden sein.

Der Leitrad-Servomotor bewegt mittels Kegelradübersetzung eine Stange hin und her, die mit dem oberen Ende an einem auf dem Stromerzeuger angeordneten Segmenthebel angreift. Dieser Segmenthebel hat eine Kurvenbahn, die die Ventilstange im Innern der Welle, die durch Flüssigkeitsdruck des Steueröles gegen diese Kurvenbahn gepreßt wird, so einstellt, daß das am unteren Ende der Stange befindliche Steuerventil dem Servomotorkolben in der Nabe und damit den Laufradschaufeln eine den Leitradschaufeln entsprechende Stellung erteilt, wobei der Servomotorkolben genau den Bewegungen des Steuerventils folgt[2]).

Abb. 6
Laufradnabe der Kaplanturbine.

Der Servomotor für die Verstellung der Laufradschaufeln liegt unmittelbar über der Laufradnabe. Die kräftige Kolbenstange ist nach unten in die Nabe hinein verlängert, sie trägt vier Teilkurbelschleifen und überträgt die Verstellkräfte mittels Gleitstücke auf die Kurbelzapfen der Laufradschaufel. Die auf die Schaufeln einwirkenden Kräfte sind recht erheblich. Die Verstellkraft des Servomotors ist deshalb auf etwa 300 t bemessen und die Lagerung der Schaufeln in der Nabe ist sehr sorgfältig durchgebildet. Ein kräftiger Zapfen in der Mitte des Schaufelflansches, der im Nabenkörper gelagert ist, nimmt die senkrecht zur Drehachse der Schaufel gerichteten Kräfte auf, während das Kippmoment auf einen in der Nabe befestigten Ring übertragen wird, der in eine Ringnute im Schaufelflansch eingreift. Die Nabe ist mit Öl gefüllt, das durch Pumpen, die von der Kolbenstange des Servomotors betätigt werden, in die verschiedenen Lagerstellen eingepreßt wird[3]). Der Schaufelflansch ist gegen den Nabenkörper hin sorgfältig abgedichtet, so daß kein Öl aus der Nabe heraus ins Wasser gelangen kann. Die Nabenkonstruktion ist vor der Ausführung in mechanischer Hinsicht durch eingehende Modellversuche untersucht worden. Das Laufrad, Abb. 6, hat 5,8 m Dmr. und wiegt ohne Welle rd. 62 t.

Der Regler, die Normalausführung von Verkstaden Kristinehamn, ist auf dem Flur des Stromerzeugers aufgestellt. Leitrad-Servomotor, Steuerventile, Rückführung und alle Einstellvorrichtungen sind hier zusammengebaut[4]). Das Arbeitsvermögen des Leitrad-Servomotors von rd. 25 000 mkg wird mittels einer Welle von 358 mm Dmr. auf den Reglerring des Leitapparates übertragen. Oben ist die Welle in einem im Regleruntersatz angebrachten Lager gelagert, am unteren Ende ist ein kräftiges Lager im Fußboden versenkt. Unmittelbar darunter ist ein kräftiger einarmiger Reglerhebel aufgekeilt, der die Kraft mit einer einzigen Reglerstange auf den Reglerring überträgt, Abb. 1 und 4.

Eine besondere Druckölanlage, die aus Vorratöl-, Drucköl- und Druckluftbehälter und zwei Druckölpumpen für je 500 l/min Leistung besteht, liefert das Drucköl für den Regler. Drucköl- und Druckluftbehälter haben zusammen rd. 9 m³ Inhalt. Der Druckluftbehälter ist mit dem Luftraum des Druckölbehälters durch eine Rohrleitung verbunden und befindet sich auf dem Maschinenhausboden unter dem Druckölbehälter. Die beiden Druckölpumpen werden unmittelbar durch Elektromotoren von 25 PS Leistung bei 365 U/min angetrieben, Abb. 7. Diese Antriebart ist bei fast allen großen modernen schwedischen Elektrizitätswerken gewählt und hat gegenüber dem mechanischen Antrieb den Vorzug, daß die Druckölanlage an irgendeinem geeigneten Platz aufgestellt werden kann, ohne daß auf schwierige Antriebverhältnisse Rücksicht genommen werden muß. Natürlich ist dafür zu sorgen, daß der elektrische Antrieb so gestaltet wird, daß er von Betriebstörungen des Werkes möglichst wenig beeinflußt wird.

Die Lawaczeck-Turbinen

Die beiden andern Turbinen sind Propellerturbinen, Bauart Lawaczeck, Abb. 8, die die A.-G. Finshyttan, Finshyttan, geliefert hat. Der Leitraddeckel besteht hier aber nicht aus konzentrischen Ringen, sondern ist nur radial in sieben Teile geteilt, entsprechend den 28 Schaufeln im Leitapparat. Die Leitschaufeln können bei diesen Turbinen einzeln, bei der Kaplan-Turbine nur gruppenweise herausgenommen werden. Die Schubstangen zwischen Reglerring und den auf den oberen Zapfen der Leitschaufeln unmittelbar aufgekeilten Hebeln sind in Gußeisen bogenförmig, gleichzeitig als Bruchsicherung ausgeführt. Bei der Kaplan-Turbine ist die Bruchsicherung zwischen Reglerring und Leitschaufel mittels eines auf Abscherung beanspruchten Sicherheitsbolzen zwischen Reglerhebel und einer auf dem oberen Leitschaufelzapfen festgekeilten Nabe erreicht, auf diese kann sich der Reglerhebel bei Bruch des Sicherheitsbolzens drehen.

Stopfbüchse und Führungslager sind in üblicher Weise auf dem Deckel aufgebaut.

Das Laufrad hat das aus Abb. 8 ersichtliche Profil. Die Schaufelfläche der Lawaczeck-Turbine ist eine abge-

Abb. 7
Druckölpumpen mit unmittelbarem elektrischem Antrieb und Regler der Kaplanturbine, am Stromerzeuger Fernthermometer für Lageröl und Kühlwasser und Schaugläser für den Ölumlauf.

[2]) s. a. Bauersfeld, Die automatische Regulierung der Turbinen, Berlin 1905, S. 15 Abb. 7.
[3]) Vergl. Schwedische Patente Nr. 58 690, 58 691 und 59 586.
[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 359.

änderte Schraubenfläche, deren Erzeugende in den ersten Entwürfen als nach oben konvexe Parabel gedacht war. Die Voraussetzung hierfür war aber ein kegeliger Leitapparat. Da diese Voraussetzung nicht gut erfüllt werden konnte, kam man nach und nach von der parabolischen Erzeugenden für die Schaufel und von der parabolischen Nase ab. Das Laufrad hat sechs Schaufeln. Ein- und Austrittkanten benachbarter Schaufeln fallen im Grundriß fast zusammen. Die Schaufeln sind aus Stahlguß hergestellt und schon im Stahlwerk nach Schablonen grob gerichtet worden.

Bei der großen Mühe und den vielen Kosten, die auf Vorversuche mit Laufrädern verwendet wurden, mußte folgerichtiger Weise auch eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen der Form des Modellrades und der des Rades für die Kraftwerkturbine angestrebt werden. Man konnte sich deshalb nicht damit begnügen, die Schaufeln im Rohguß im Stahlwerk grob nach Schablonen nachzurichten, sondern die Schaufelfläche wurde durch ein Gerüst von in Gußeisen als schweren Rahmen ausgeführten Radialschnitten dargestellt, Abb. 9, und die vorgerichtete Schaufel auf dieses Gerüst aufgelegt und so lange mit Meißel und Schleifmaschine nachgearbeitet, bis genügende Übereinstimmung mit der Form des Modellrades erreicht war. Auf ähnliche Weise hat man auch die Schaufeln der Kaplan-Turbine bearbeitet und nachgeprüft. Auf diese Sorgfalt bei der Herstellung der Schaufeln ist die gute Übereinstimmung der hydraulischen Eigenschaften von Modellrad und Turbine zurückzuführen. Leider wird heute noch oft gegen diese Grundregel bei der Auswertung vorbereitender Versuche gesündigt, und Unstimmigkeiten sind die unausbleibliche Folge.

Abb. 8. Lawaczeckturbine im Kraftwerk Lilla Edet.

Abb. 9 Prüfgerüst für die Form einer Lawaczeck-Schaufel.

Der unter Mitwirkung von D. T h o m a konstruierte R e g l e r weicht in Aussehen und Einzelheiten von dem Regler der Kaplan-Turbine ab. Hier ist der Steuerapparat vom Servomotor getrennt. Steuerapparat und Druckölanlage sind auf dem Flur des Stromerzeugers aufgestellt, während der Servomotor auf dem unteren Flur des Maschinenhauses (+ 7,60) aufgestellt ist. Die Pumpe ist als doppelte Zahnradpumpe mit drei Zahnrädern ausgebildet und wird durch einen 40 PS-Motor bei 240 U/min angetrieben.

Alle drei Regler sind, wie üblich, durch Rohrleitungen miteinander verbunden, so daß, für den Fall daß einmal eine der drei Druckölanlagen ausfallen muß, jeder Regler sein Drucköl von den beiden andern Druckölbehältern erhalten kann.

Die Stromerzeuger

Die Stromerzeuger sind unmittelbar mit den Turbinen gekuppelt und erzeugen Dreiphasenstrom von 10 000 bis 11 000 V und 25 Per/s. Sie sind für eine Dauerbelastung von 10 000 kW (bei cos $\varphi = 0{,}7$) gebaut. Bemerkenswert ist, daß sie, obwohl sie in Übereinstimmung mit der Mehr-

Abb. 10
Michellager der Lawaczeck-Turbine, berechnet für 550 t.

zahl der Maschinensätze im Kraftwerk Trollhättan 25periodigen Strom erzeugen, so konstruiert sind, daß sie später nötigenfalls zu 50periodigen Maschinen von gleicher Drehzahl und Leistung umgebaut werden können.

Jeder Stromerzeuger hat zwei Führungslager. Das Traglager für den ganzen Maschinensatz ist auf das obere Tragkreuz des Stromerzeugers aufgesetzt. Dieses Traglager, das bei dem ausnahmsweise vorkommenden Gefälle von 7,8 m eine Belastung von rd. 450 t aufzunehmen hat, ist aber für 550 t berechnet.

Es ist als Michellager, Abb. 10, mit 16 Segmenten ausgeführt, die durch je 31 Schraubenfedern unterstützt werden, so daß sich eine äußerst nachgiebige leicht einstellbare Konstruktion ergibt, die zugleich billig und einfach ist. Das Spurlager ist mit den Stromerzeugern von der Allmänna Svenska Elektr. A.-G. Västerås geliefert.

Die Kühlluft wird von unten angesogen und durch die im Flur befindlichen Luftkanäle und durch eine Anzahl Kamine, die sich in der Trennungsmauer zwischen Maschinen- und Schützensaal befinden, entweder ins Freie befördert oder zum Teil zu Heizzwecken benutzt. Die von den beiden Lawaczeck-Turbinen angetriebenen Stromerzeuger haben eigene Erregermaschinen, die auf den Stromerzeugern angeordnet und wegen der geringen Drehzahl unter Zwischenschaltung eines Stirnrad-Planetengetriebes mit schraubenförmigen Zähnen von der Hauptwelle mit rd. 360 U/min angetrieben werden. Der Stromerzeuger der Kaplan-Turbine hat Fremderregung von einem besonderen Gleichstromsatz von 300 PS Leistung.

Auch bei dem von der Kaplan-Turbine getriebenen Stromerzeuger wäre es gut möglich, die Erregermaschine über dem Traglager aufzubauen, man müßte aber dann die Erregerwelle mit verhältnismäßig großer Bohrung versehen und erhielte natürlich auch größere Bauhöhe. Dies war hier unerwünscht wegen der Notwendigkeit, die im Innern der Welle befindliche Ventilstange, an deren unterem Ende der Steuerschieber für den Laufrad-Servomotor sitzt, herausnehmen zu können. Wäre dieses etwa 15 m lange Rohr noch länger geworden, so hätte es statt in zwei, in drei Teile geteilt werden müssen, was

beim Mittelfeld
$a = 6000$ mm
bei den Seitenfeldern
$a = 2500$ mm

Abb. 11 bis 14
Rahmen für die Wassermessung.

Abb. 15
Verteilung der Flügel im Mittelfeld.

Abb. 16
Verteilung der Pegel auf der Unterwasserseite.

erhebliche Schwierigkeiten bereitet hätte oder der Maschinensaal hätte um die Höhe der Erregermaschine höher sein müssen. Auf dem unteren Armkreuz des Stromerzeugers sind hydraulische Hebeböcke angeordnet, die als Bremse dienen. Man kann sie aber auch zum Anheben des ganzen umlaufenden Teiles eines Satzes um einige Zentimeter verwenden, wenn man die Laufflächen des Spurlagers nachsehen will.

Das Spurlager wurde in den Werkstätten bei den Durchgangsproben des Stromerzeugers einer Prüfung unterworfen. Um eine den Betriebsverhältnissen entsprechende Flächenbelastung zu erreichen, hatte man die Hälfte der Segmente entfernt und den Stromerzeuger dann eine Stunde mit voller Drehzahl unter dauernder Beobachtung der Öltemperatur laufen lassen. Danach wurde die Drehzahl auf das Doppelte erhöht und der Versuch 10 min fortgesetzt. Unter dem Einfluß der Durchgangsdrehzahl stieg die Temperatur rasch. Der Versuch konnte aber nicht bis zum Eintritt des Wärmebeharrungszustandes fortgesetzt werden. Die Extrapolation der Temperaturkurve ließ aber erkennen, daß gefährliche Temperaturen nicht zu erwarten waren, sondern daß die Temperatur des Beharrungszustandes im Betriebe etwa 25° über der Raumtemperatur liegen würde, was sich später auch bestätigt hat.

Betriebsergebnisse

Kurze Zeit nach der Inbetriebnahme der Turbinen wurden Wirkungsgradmessungen vorgenommen[6]).

Für die Wassermessung wurden drei Rahmen, Abb. 11 bis 15, die in den Führungen der unteren Grobrechen herabgelassen werden konnten, verwendet. Die unteren Grobrechen und die Feinrechen waren während der Versuche entfernt, während die oberen Grobrechen als obere Führung für die drei Rahmen belassen waren. Die zwei schmalen Rahmen wurden in die seitlichen Felder von 2,5 m lichter Weite und der breite Rahmen in die mittleren 6 m breiten Felder eingesetzt. Die unteren Querbalken der Rahmen trugen insgesamt 17 hydrometrische Flügel.

Auf 13 Wagerechten, deren Höhenlage Abb. 12 zeigt, wurde gemessen, und zwar in den oberen drei Feldern mit 17 Flügeln in jeder Wagerechten. Von den drei unteren Öffnungen wurde die westliche bei der Mehrzahl der Messungen abgesperrt, nachdem mit Hilfe eines Flügels mit Epperschem Rücklaufkontakt festgestellt war, daß in diesem Felde, das besonders bei geringer Belastung nur wenig Wasser führte, die Wasserströmung so unregelmäßig war, daß eine einigermaßen sichere Bewertung der Flügelsignale unmöglich sein würde. Auf die übrig bleibenden zwei unteren Felder kamen dann nur noch zwölf Flügel, so daß im ganzen bei den meisten Belastungen in 191, sonst in 221 Meßpunkten gemessen wurde.

Der gesamte Einlaufquerschnitt in der Flügelebene betrug etwa 131 m², hiervon entfallen auf die abgesperrte untere Öffnung rd. 12,9 m². Die Flügelumdrehungen wurden mittels Zeitschreibern verzeichnet. Die Welle, auf der die Flügel befestigt waren, war drehbar, um die Flügel zuerst durch die Rechenöffnung im Fußboden des Rechen- und Schützensaales und dann durch die Öffnung im wagerechten Betonzugband, d[…] den Einlauf in ein ober[…] und ein unteres Stoc[…]werk teilt, durchführen z[…] können.

Außer den 17 eigen[…]lichen Meßflügeln ware[…] noch vier feste Flügel a[…]geordnet, zwei oberha[…] und zwei unterhalb d[…] Betonzugbandes, dere[…] Drehzahl ebenfalls dur[…] Zeitschreiber aufgezeic[…]net wurde. Mit diesen Fl[…]geln wurde die Gleic[…]mäßigkeit der Strömun[…] beobachtet.

Das Gefälle wurde durch Ablesen des Ober- und Unter[…]wasserspiegels an einnivellierten Pegeln bestimmt. De[…] Pegel für Beobachtung des Oberwasserspiegels war in de[…] mittleren Rechenöffnung beim Grobrechen, also etw[…] 1,3 m unterhalb des Meßquerschnittes, angeordnet. Unmitte[…]bar hinter dem Grobrechen waren noch zwei Schwimme[…] im Fußboden des Rechen- und Schützenhauses vorhanden[…] die aber keine nennenswerte Abweichung gegenüber de[…] Pegelablesung ergaben. Der Unterwasserspiegel wurd[…] bei allen drei Turbinenprüfungen an mehreren Pegeln ab[…]gelesen, die auf der Unterwasserseite verteilt waren[…] Abb. 16, und die, mit Ausnahme der Pegel 4 bis 7, die nich[…] berücksichtigt wurden, alle in ruhigem Wasser lagen un[…] dem Einfluß der Auslaufgeschwindigkeit entzogen waren.

Für die Leistungsmessung waren zwischen den Meß[…]instrumenten und den Stromerzeugern Spannungs- un[…] Stromwandler eingeschaltet. Die Instrumente un[…] Transformatoren waren von Siemens & Halske, Berlin, mi[…] neu bestimmten Berichtigungsbeiwerten geliefert. Di[…] Leistungsmesser waren nach der Zweiwattmetermethod[…] geschaltet.

Die Ergebnisse zeigen Zahlentafel 1 bis 3. Zahlen[…]tafel 3 ist gegenüber den früheren Veröffentlichunge[…] berichtigt worden. Die Wirkungsgrade für Turbine […] liegen nach Beseitigung eines Rechenfehlers etwas höhe[…] Abb. 17 zeigt die Wirkungsgrade der drei Turbinen fü[…] 6,5 m Gefälle.

Ing. K. I. Karlsson, Mitglied des Prüfungsaus[…]schusses, schlug vor, eine im Liefervertrag allerding[…] nicht vorgesehene Fehlertoleranz, durch eine für beide La[…]waczeck-Turbinen gemeinsame Wirkungsgradkurve zu[…] Ausdruck zu bringen, Abb. 18.

Schließlich soll noch erwähnt werden, daß der Einflu[…] des abgesperrten Einlauffeldes auf den Wirkungsgrad un[…] die Leistung nicht mit voller Sicherheit beurteilt werde[…]

Abb. 17.
Wirkungsgrade der drei Turbinen für 6,5 m Gefälle.

Abb. 18
Gemeinsame Wirkungsgradkurve für die Lawaczeck-Turbinen für 6,5 m Gefälle.

---

[6]) Tekn. Meddelande från Kungl. Vattenfallsstyrelsen Serie B Heft 13 S. 49.

Abb. 19. Plötzliche Belastungsänderungen der Kaplanturbine.

Abb. 20. Lawaczeck-Turbine 2.

Abb. 21. Lawaczeck-Turbine 3.

Abb. 19 bis 21. Prüfergebnisse für die Regler.

kann. In der Annahme, daß er nicht erheblich sein könne, da ja nur ein geringer Anteil der Gesamtwassermenge durch das offene Fach geflossen wäre, hat der Prüfungsausschuß den Einfluß der Absperrung vernachlässigt.

Vergleich der Modellergebnisse mit den Abnahmeprüfungen

Die Meßgeräte haben sich im ganzen gut bewährt. Bei so umfangreichen Messungen sollen keine Flügel mit im Wasser liegenden Kontakten verwendet werden. Die Aufzeichnung der Flügelumdrehungen erfolgt zweckmäßig nur mittels Zeitschreibers, dabei ist die Papiergeschwindigkeit nicht zu groß zu wählen, da sie die Genauigkeit nicht verbessert, sondern nur die Auswertung erschwert.

Für die Genauigkeit der Messung ergeben die Modellversuche willkommene Anhaltpunkte. In Abb. 17 sind für das Gefälle von 6,5 m die Wirkungsgrade von dem Modell der Lawaczeckturbine mit 1m Dmr. und dem Modell der Kaplanturbine mit 0,95 m Dmr. mit den Wirkungsgraden der ausgeführten Turbinen eingetragen. Die Übereinstimmung zwischen Modellrad und Kraftwerkturbinen bei Umrechnung nach der Formel von Moody ist bei allen drei Turbinen so gut, daß sie den Gedanken nahe legt, ob man nicht bei großen Turbinen grundsätzlich auf die teuren Wirkungsgradmessungen im Kraftwerk verzichten soll und statt dessen für die Bewertung der Güte einer Konstruktion von den Wirkungsgraden eines Modellrades ausgehen soll. Voraussetzung hierfür ist aber ein in allen Teilen ähnliches Modell. Ferner ist erwünscht, jedoch in der Praxis selten zu erlangen, daß das Versuchsgefälle gleich dem Kraftwerkgefälle wäre, und übereinstimmende Aufteilung von Druck und Sauggefälle.

Zahlentafel 1
Leistungen und Wirkungsgrade der Turbine 1 (Kaplan)

Gefälle		5,6 m	6,5 m	7 m
Höchstleistung	PS	11 500	rd. 14 000	>15 000
Gewährl. Höchstleistung	„	9 200	11 200	12 200
Wirkungsgrad bei der Höchstleistung	vH	rd. 80	82,8	—
Wirkungsgrad bei 10 000 PS	„	86	90,5	rd. 91
Gewährl. Wirkungsgrad bei 10 000 PS	„	—	84,4	86,6
Wirkungsgrad bei 9200 PS	„	88	—	—
Gewährl. Wirkungsgrad bei 9200 PS	„	78,4	—	—
Wirkungsgrad bei 8750 PS	„	89	92,2	92,5
Gewährl. Wirkungsgrad bei 8750 PS	„	80	86,4	87
Wirkungsgrad bei 7500 PS	„	90,6	92,5	92,8
Gewährl. Wirkungsgrad bei 7500 PS	„	84,4	87	86,7
Wirkungsgrad bei 6250 PS	„	91,6	92	93,2
Gewährl. Wirkungsgrad bei 6250 PS	„	86,2	86,4	85,3
Wirkungsgrad bei 5000 PS	„	91,7	91,3	92,5
Gewährl. Wirkungsgrad bei 5000 PS	„	85,8	84,4	82,6

Zahlentafel 2
Leistungen und Wirkungsgrade der Turbine 2 (Lawaczeck)

Gefälle		5,6 m	6,5 m	7 m
Höchstleistung	PS	9 580	11 600	12 680
Gewährl. Höchstleistung	„	8 000	10 000	10 800
Wirkungsgrad	vH	85	86	83,4
Gewährl. Wirkungsgrad	„	80	83,5	80
Wirkungsgrad bei $^7/_8$ Last	„	85,7	87,7	89,2
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^7/_8$ Last	„	82,5	87	85
Wirkungsgrad bei $^3/_4$ Last	„	78,2	81,1	82,5
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^3/_4$ Last	„	77	81	81
Wirkungsgrad bei $^5/_8$ Last	„	71	74	76
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^5/_8$ Last	„	69	73,5	76
Wirkungsgrad bei $^1/_2$ Last	„	63,5	66,5	69
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^1/_2$ Last	„	58	65	68

Zahlentafel 3
Leistungen und Wirkungsgrade der Turbine 3 (Lawaczeck)

Gefälle		5,6 m	6,5 m	7 m
Höchstleistung	PS	9 450	11 250	12 350
Gewährl. Höchstleistung	„	8 000	10 000	10 800
Wirkungsgrad	vH	87	88,4	88,5
Gewährl. Wirkungsgrad	„	80	83,5	80
Wirkungsgrad bei $^7/_8$ Last	„	84,5	88,8	88,5
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^7/_8$ Last	„	82,5	87	85
Wirkungsgrad bei $^3/_4$ Last	„	77	81,8	82
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^3/_4$ Last	„	77	81	81
Wirkungsgrad bei $^5/_8$ Last	„	69,8	74,8	75,1
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^5/_8$ Last	„	69	73,5	76
Wirkungsgrad bei $^1/_2$ Last	„	62,5	67	68
Gewährl. Wirkungsgrad bei $^1/_2$ Last	„	58	65	68

Abb. 22
Belastungsplan für das Kraftwerk Lilla-Edet.

a Gesamtwirkungsgrad mit der gewählten Turbinenausrüstung
b „ bei nicht rechtzeitigem Zu- oder Abschalten der Kaplan-Turbine
c „ mit drei Kaplan-Turbinen
d „ mit drei Lawaczek-Turbinen

Schon der Liefervertrag für die Lilla Edet-Turbinen hat mit dieser Möglichkeit gerechnet. Die Königliche Wasserverwaltung hat davon abgesehen, weil sie die Ergebnisse ihres Entschlusses, mit dem Bau von Lilla Edet neue Wege zu beschreiten, der Fachwelt darlegen und völlige Gewißheit über die Wirkungsgrade dieser Turbinenbauarten, über die bis dahin nicht viel veröffentlicht worden war, erhalten wollte, um damit eine Grundlage für den Vergleich von Hauptausführung und Modell zu schaffen.

Die Wirkungsgradkurven der Lawaczeckturbinen 2 und 3 sind etwas verschieden, Abb. 17. Der Unterschied ist jedoch nicht größer, als daß er durch zufällige und unvermeidliche Ungleichheiten in der Ausführung oder durch ebenso unvermeidliche Meßfehler zu erklären wäre, wie das durch die für beide Turbinen gemeinsame Wirkungsgradkurve, Abb. 18, zum Ausdruck gebracht ist. Dazu kommt aber noch der Unterschied in den beiden Saugrohren. Die Modelle beider Saugrohre waren im Prüfstand eingebaut und das kurze Modell gab wie im Kraftwerk eine rd. 4 vH geringere Leistung, während im Wirkungsgrad kein Unterschied festzustellen war. Dieser Versuch zum Vergleich der Saugrohre ist aber nicht mit dem Modellaufrad der Ausführung durchgeführt worden.

Besondere Beachtung verdienen bei den modernen Schnelläufern die Durchgangsdrehzahlen. Sie betrugen bei den Versuchen für die Kaplan-Turbine 127 U/min und für die beiden Lawaczeck-Turbinen 113 und 115 U/min bei 7 m Gefälle.

Die Prüfergebnisse für die Regler zeigen die Abbildungen 19 bis 21. Das Schwungmoment des Stromerzeugers beträgt 4 250 000 kgm².

Günstige Betriebsausnutzung der beiden Bauarten

Ist ein Kraftwerk mit Propeller- und Kaplanturbinen ausgerüstet, so müssen für eine gute Wasserwirtschaft die Propellerturbinen möglichst mit einer Belastung entsprechend dem besten Wirkungsgrad belastet werden, während die Kaplanturbinen die Belastungsänderung zu übernehmen haben. Abb. 22 zeigt einen Belastungsplan für das Kraftwerk. Zum Vergleich ist eingezeichnet, wie sich der Gesamtwirkungsgrad der Turbinen bei dr Kaplan- oder drei Lawaczeck-Turbinen und gleicl mäßiger Belastung aller drei Maschinensätze gestalte würde. Die Ausrüstung mit drei Lawaczeck-Turbine hätte nur bei einer Werkbelastung von rd. 33 000 P einen kleinen Vorteil im Wirkungsgrad ergeben. M drei Kaplan-Turbinen wäre von 20 000 bis 26 000 PS de Wirkungsgrad höher. Die Niederwassermenge des Göt Älv mit etwa 290 bis 300 m³/s gibt aber bei 6,5 m Gefäl und den gemessenen Wirkungsgraden eine Leistung vo 23 000 PS. Die Höhe des Wirkungsgrades für Belastun unter 23 000 PS kommt deshalb nicht in Betracht. Be Werkbelastungen über 26 000 PS ist mit der gewählte Ausrüstung von zwei Lawaczeck-Turbinen und eine Kaplan-Turbine ein höherer Gesamtturbinenwirkungs grad zu erreichen, als wenn das Werk mit drei Kaplan Turbinen ausgestattet worden wäre. Natürlich forder die Einhaltung eines solchen Belastungsschemas eine ge wisse Aufmerksamkeit von seiten der Betriebsleitung.

Die Kaplan-Turbine ist nun mehr als drei Jahre, di beiden Lawaczeck-Turbinen sind ebenfalls drei oder doc fast drei Jahre in Betrieb, ohne daß sich bis jetzt irgend welche Mängel von Bedeutung ergeben hätten.

Wegen der Neuartigkeit der Konstruktion der Kap lan-Turbine und ihrer ungewöhnlichen Größe entschlo sich die Königl. Wasserfallverwaltung, die Nabe de Kaplan-Turbine vor Ablauf der Garantiezeit einer ge nauen Besichtigung zu unterwerfen. Die Besichtigun wurde im September 1927 durchgeführt und ergab keiner lei Mängel. Die Kaplan-Turbine hat damit das Vertrauen das man von Anfang an in sie setzte, auch in bezug au Betriebsicherheit voll gerechtfertigt. [B 1715]

Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens

Die Heinrich-Hertz-Gesellschaft hielt am 20. Septembe 1928 im Rahmen der 90. Versammlung der Gesellschaf Deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg ihr 5. Hauptversammlung ab. Die Hauptversammlung wurd vom Vorsitzenden der Heinrich-Hertz-Gesellschaft, Prof K. W. Wagner, geleitet. Es wurde mitgeteilt, daß da Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Ber lin im neuen Geschäftsjahr fertiggestellt werden wird.

Die wissenschaftliche Sitzung, die gemeinsam mit de Deutschen Physikalischen Gesellschaft un der Deutschen Gesellschaft für technisch Physik stattfand, wies nach, daß wir auf dem beste Wege sind, etwaige Vorsprünge des Auslands bald gänz lich einzuholen. Im Mittelpunkt des Interesses standen di Fragen der kurzen und kürzesten Wellen[1]) und die Bild übertragung[2]). Es sprachen Hr. O. Böhm, Berlin, übe „Die Bündelung der Energie kurzer Wellen“, Hr. W. Moser, Berlin, über „Die Übertragung der Energie vom Sender zu Antenne auf kurzen Wellen“, Hr. A. Gothe, Berlin, übe „Drahtreflektoren“ und Hr. A. Esau, Jena, über „Reichweitenversuche und Dämpfungsmessungen im Gebiet seh kurzer Wellen“[3]). Hr. H. Leithäuser, Berlin, führte ein „Kurzwellen-Empfangsgerät zur Messung der Feldstärke“ vor. Hr. W. Hahnemann, Berlin, beschrieb „Die neuen Maschinensender für kleine Wellenlängen“. Über „Fehlweisungen der Funkpeilung in Abhängigkeit von der Wetterlage“ berichtete Hr. P. Duckert, Lindenberg. Hr. Schindelhauer, Potsdam, sprach übe „Elektromagnetische Luftströmungen“, Hr. F. Schröter, Berlin, über „Fortschritte in der Bildtelegraphie“, Hr. Küpfmüller, Berlin, über die „Stabilität von unmittelbaren Reglern“ und Hr. Mayer, Berlin, über „Amplitudenbegrenzer für Programmübertragung“. Fast alle Vorträge regten zu einer eingehenden Aussprache über das Gehörte an, so daß der Hauptversammlung hinsichtlich der Vertiefung von Erkenntnissen im Funkwesen ein guter Erfolg beschieden war. [N 2082]

Hamburg Wundram

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 25 S. 885 u.f.
[2]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 243, Bd. 69 (1925) S. 1267 u. 1507, Bd. 70 (1926) S. 106, 643, 725, 732, 1124, Bd. 71 (1927) S. 227, Bd. 72 (1928) Nr. 15 S. 507 u. Nr. 43 S. 1554.
[3]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 45 S. 1645.

Dynamische Festigkeit von Flugzeug-Konstruktionsteilen

Von Paul Brenner, Berlin

115. Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof

Vorgetragen in der Tagung für Maschinenelemente, veranstaltet vom Verein deutscher Ingenieure in Dresden, am 26. September 1928

Die Betriebsicherheit von Flugzeug-Konstruktionsteilen wird vielfach von ihrer Widerstandfähigkeit gegen dynamische Beanspruchungen bestimmt. — Forderung geringsten Aufwands an Baugewicht erschwert die Durchführung der Aufgabe, Konstruktionsteile so auszuführen, daß sie dynamischen Beanspruchungen gewachsen sind. — Im Flugbetrieb auftretende dynamische Beanspruchungen. — Schwingungserscheinungen an Flugzeugen. — Ermüdungsfestigkeit von Werkstoffen. — Beispiele von Ermüdungsbrüchen aus dem Flugbetrieb. — Mittel und Wege zur Gewährleistung genügender dynamischer Festigkeit der Konstruktionsteile von Flugzeugteilen.

Die an Flugzeug- und Motorenkonstruktionsteilen bisweilen beobachteten Brucherscheinungen lassen erkennen, daß die Betriebsicherheit dieser Teile nicht allein von der Größe ihrer **statischen** Festigkeit, sondern in überwiegendem Maße von ihrer Widerstandfähigkeit gegen **dynamische** Beanspruchungen maßgebend beeinflußt wird. Zu dieser Erkenntnis führten auch die eingehenden Untersuchungen des bedauerlichen Flugzeugunfalls bei Schleiz, bei dem vor etwa einem Jahr die sechs Insassen, darunter der ehemalige deutsche Botschafter in den Vereinigten Staaten von Amerika, Frhr. v. Maltzahn, den Tod fanden. Infolge Zusammenwirkens besonders unglücklicher Umstände sind dort auf statische Festigkeit berechnete Konstruktionsteile dynamisch beansprucht und zu Bruch gebracht worden[1]).

Der bemerkenswerte Umstand, daß Betriebstörungen infolge unzureichender statischer Festigkeit von Flugzeug-Konstruktionsteilen heute fast überhaupt nicht mehr vorkommen und praktisch so gut wie ganz ausgeschaltet werden können, dürfte im wesentlichen auf der guten Übereinstimmung unserer Lastannahmen und statischen Berechnungsverfahren mit der Wirklichkeit beruhen. Eine weitere Sicherheit gegen statischen Bruch im Betrieb ist vor allem auch durch die praktischen Belastungsprüfungen gegeben, die an den wichtigsten Bauteilen oder auch am ganzen Flugzeug vor Zulassung eines neuen Flugzeugmusters zum Luftverkehr vorgenommen werden. Mit der Möglichkeit, daß Flugzeugbauteile unter den statischen Beanspruchungen des Betriebs versagen könnten, braucht also bei sorgfältiger Konstruktion und Prüfung nicht gerechnet zu werden.

Demgegenüber muß bemerkt werden, daß eine gleichwertige Gewähr für die Betriebsicherheit von Konstruktionsteilen, die dynamisch beansprucht sind, nicht besteht. Eine gewisse Unsicherheit liegt zunächst in der Ermittlung der äußeren Kräfte, die oft weder rechnerisch noch versuchsmäßig genau zu erfassen sind, weil sie vielfach von ganz unübersehbaren Einflüssen und Zufällen abhängen. Aber selbst bei genauer Kenntnis dieser Kräfte dürfte es in den meisten Fällen nicht möglich sein, die Festigkeit von Konstruktionsteilen unter diesen Bedingungen einwandfrei rechnerisch nachzuweisen. Praktische Belastungsversuche sind, besonders wenn es sich um Bauteile von großen Abmessungen handelt, sehr umständlich und kostspielig und können daher nur in Einzelfällen durchgeführt werden. Sehr ins Gewicht fällt ferner noch der Umstand, daß das Verhalten der Werkstoffe bei dynamischen Beanspruchungen noch nicht genügend erforscht ist, daß man allen in der Praxis vorliegenden Verhältnissen in befriedigendem Maße Rechnung tragen könnte.

Der Gefahr, daß Konstruktionsteile im Betrieb infolge unzureichender dynamischer Festigkeit versagen, kann zwar durch Annahme besonders ungünstiger Verhältnisse und durch entsprechende Überbemessung der Bauglieder begegnet werden, ein Ausweg, den man in der Technik öfters geht und der mit einer Wahrscheinlichkeit gestattet, auf der sicheren Seite zu bleiben. Der mit der Anwendung dieses Verfahrens verbundene erhöhte Aufwand an Baugewicht würde jedoch im Flugzeubau zwangsweise eine Beeinträchtigung der Flugleistungen, insbesondere der Start- und Landeeigenschaften, nach sich ziehen, was gleichbedeutend mit einer Herabsetzung der Flugsicherheit wäre.

Im Luftfahrzeugbau handelt es sich also darum, die im Betrieb auftretenden dynamischen Beanspruchungen genauestens zu erfassen und Konstruktionsteile so auszuführen, daß sie bei geringstem Aufwand an Baugewicht diesen Beanspruchungen gewachsen sind. Von der Lösung dieser Aufgabe ist die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit des Flugbetriebes in hohem Maß abhängig.

Abb. 1
Aufzeichnungen eines im Flugzeug mitgeführten Beschleunigungsschreibers bei böigem Wetter. Beschleunigungen über zweifache Erdbeschleunigung (g).

Im Flugbetrieb auftretende dynamische Beanspruchungen

Dynamische Beanspruchungen können in Konstruktionsteilen von Flugzeugen grundsätzlich von zwei verschiedenen Arten von Kräften hervorgerufen werden.

a) Einzelne, verhältnismäßig selten auftretende Kräfte von mehr oder weniger stoßartiger Wirkung.

b) In großer Zahl sich wiederholende Kräfte, die nach Größe sowie nach Richtung wechseln können.

Die unter a) genannten Kräfte werden in den Festigkeitsberechnungen von Flugzeugen durch Annahme der ungünstigsten Belastungsfälle, wie z. B. plötzliches Abfangen aus dem Sturzflug, hartes Aufsetzen beim Landen, Überschlag und dergleichen, berücksichtigt. Sie werden ähnlich wie z. B. im Brückenbau nach Einführung entsprechender Lastvielfacher (Stoßziffern) als ruhende Belastungen angenommen. Die Größe der Lastvielfachen ist auf Grund von Erfahrungswerten und Beschleunigungsmessungen[2]) ermittelt worden und richtet sich selbstverständlich nach der Größe und nach dem Verwendungszweck des betreffenden Flugzeuges. Dieses Vorgehen gewährleistet nach den vorliegenden Erfahrungen ausreichende Festigkeit des Flugzeugaufbaues in allen Belastungsfällen, die im Betriebe zu erwarten sind.

Erhöhte Beachtung erfordern aber die unter b) angedeuteten Beanspruchungen, die **Dauer- oder Ermüdungsbeanspruchungen**. Sie treten besonders bei Turbinenschaufeln[3]), Achsen von Kraftwagen und Eisenbahnfahrzeugen, Schiffsschrauben usw. in Erscheinung.

[1]) Ein ausführlicher Bericht über diese Untersuchungen wird demnächst an andrer Stelle veröffentlicht werden.

[2]) J. v. Köppen und W. Hübner, Beschleunigungsmessungen an Flugzeugen. Z. f. Flugtechnik u. Motorluftsch. Bd. 17 (1926) S. 534.

[3]) W. Hort, Dauerbruch als dynamische und schwingungstechnische Erscheinung, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 40.

Versuch 1
(ursprüngliche Bauart)
Eigenschwingungszahlen:
Strebe $a = 2300$
„ $d = 2400$

Versuch 2
(nach Anbringung von Zusatzmassen in Strebenmitte)
Eigenschwingungszahlen:
Strebe $a = 1800$
„ $d = 2000$

Motordrehzahl $n =$ 1200 1150 1100 1050 U/min

Abb. 2
Biegungsschwingungen von Flugzeugstreben im Schraubenstrahl. Im Flugzeug aufgenommen mit optischem Schwingungsschreiber der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt.

Das Auftreten von Ermüdungsbeanspruchungen in Konstruktionsteilen von Luftfahrzeugen kann auf die verschiedenartigsten Ursachen zurückzuführen sein. Als Erreger von Ermüdungsbeanspruchungen müssen teils die am Flugzeug angreifenden Luftkräfte, teils die Verbrennungskräfte im Motor verantwortlich gemacht werden. In welchem Maße z. B. der Aufbau des Flugzeuges bei Flug in unruhiger Luft durch wechselnde Belastungen beansprucht werden kann, zeigen die in Abb. 1 wiedergegebenen Aufzeichnungen eines im Flugzeug mitgeführten Beschleunigungsschreibers. Die in kurzen Abständen nacheinander einsetzenden Böen lösen teilweise mehr als zweifache Erdbeschleunigung aus. Obwohl die hier dargestellte Wetterlage als sehr ungünstig bezeichnet werden muß, so ist doch zu bedenken, daß im Luftverkehr selbst bei stürmischstem Wetter geflogen wird und daher bei längerer Betriebzeit[4]) eines Flugzeuges eine große Zahl wechselnder Belastungen durch Böen erreicht werden kann.

Aber auch im unbeschleunigten Fluge bei ruhigem Wetter muß mit Ermüdungsbeanspruchungen einzelner Bauteile gerechnet werden. Verspannungsdrähte, Streben, Ruder und sonstige im Fahrtwind liegende Teile können zu Schwingungen angeregt werden, wenn die Luft nicht ungestört an ihrer Oberfläche abströmen kann und Wirbel entstehen, die Kräfte in periodischer Folge ausüben.

Solche Schwingungen können hauptsächlich bei den im Schraubenstrahl liegenden Teilen beobachtet werden. Als Beispiel seien Biegungsschwingungen von Flügelstreben eines Hochdeckers erwähnt, die in etwa 1,5 m Entfernung hinter der Luftschraube angeordnet waren. Aus den Aufzeichnungen des optischen Schwingungsschreibers, Abb. 2, kann das Verhalten der mit *a*, *b*, *c* und *d* bezeichneten Streben ersehen werden. Die Streben *b* und *c* stehen bei allen Drehzahlen ruhig. Deutliche Schwingungen der Streben *a* und *d* sind dagegen bei 1150 und 1200 U/min zu erkennen (Versuch 1). Sie sind dadurch entstanden, daß die von der zweiflügligen Luftschraube nach hinten geworfene Luft den Streben einen Anstoß im Takte ihrer Eigenschwingungszahlen (2300 und 2400) erteilt. Bei Änderung der Eigenschwingungszahlen der Streben durch Anbringen von Zusatzmassen (Versuch 2) verlagern sich diese Resonanzschwingungen nach einem tieferen Drehzahlbereich ($n =$ 900 oder 1000 U/min).

[4]) Die Dauerhaftigkeit von Flugzeugen hat insbesondere bei der Metallbauweise gewaltig zugenommen. Viele Verkehrsflugzeuge haben bis heute mehr als 2000 Betriebstunden hinter sich gebracht.

Bei unruhigem Lauf des Motors sind in erster Linie die zum Triebwerk gehörenden Teile, wie der Motorunterbau, der Kühler, die Betriebstoffleitungen und Regelgestänge, Beanspruchungen durch Schwingungen ausgesetzt. Während sich aber der Motorunterbau diesen Beanspruchungen im allgemeinen gewachsen zeigt, weil er aus anderen Gründen sehr stark bemessen werden muß, sind Kühler und Betriebstoffleitungen hiergegen sehr empfindlich und geben öfters Anlaß zu Störungen.

Natürlich müssen die Motorteile selbst Ermüdungsbeanspruchungen in ganz erhöhtem Maße aushalten. Bei gewissen Motorbauarten läßt es sich nur schwer vermeiden, daß die Eigenschwingungszahlen einzelner Konstruktionsteile nicht in den Bereich der Betriebsdrehzahlen fallen. Wie sich die Verhältnisse an der Kurbelwelle eines wassergekühlten Zwölfzylinder-Reihenmotors gestalten, zeigen die mit einem Torsiographen (System Geiger) ausgeführten Messungen, Abb. 3. Die ausgeprägtesten Verdrehungsschwingungen sind bei einem Motorumlauf von 1200 U/min (kritische Drehzahl) festgestellt worden, während bei 1800 U/min die Welle nahezu schwingungsfrei läuft.

Widerstandfähigkeit der Werkstoffe gegen Ermüdungsbeanspruchungen

Die Größe der Widerstandfähigkeit eines Werkstoffes gegen Ermüdungsbeanspruchungen wird im wesent-

$n = 1800$ U/min
$n = 1200$ U/min
$n = 1080$ U/min

Abb. 3
Kurbelwellen - Verdrehungsschwingungen, gemessen am hinteren Wellenende (Torsiograph von Geiger). Wassergekühlter Reihenmotor mit Übersetzung ins Langsame. Zeitmarkierung der Feder: 3000 Schwingungen/min.

lichen durch die Zahl der insgesamt wirkenden Lastwechsel und durch die Größe der als statisch anzusehenden Grundbeanspruchung bestimmt.

Über die Abhängigkeit der Festigkeit bei wechselnder Beanspruchung von der Zahl der Lastwechsel gibt Abb. 4 Aufschluß. Die bei Dauerbiegeversuchen mit Probestäben der vergütbaren Aluminiumlegierung Aeron gefundenen Festigkeitswerte verlaufen bei der üblichen halblogarithmischen Darstellungsweise nach dem durch die Versuchspunkte gelegten Linienzug, der einen ausgeprägten Knick bei einer Wechselzahl von etwa zwei Millionen aufweist. Die eigentliche Wechsel- oder Schwingungsfestigkeit, das ist diejenige Beanspruchung, bei der der Werkstoff beliebig viele Lastwechsel erträgt, kann ermittelt werden, indem man eine dem unteren Teil des Linienzugs sich nähernde Parallele zur Abszissenachse zieht[5]).

Abb. 4
Abhängigkeit der Zahl der Lastwechsel von der Beanspruchung. Werkstoff: Aeron (vergütbare Aluminiumlegierung), veredelt. Beanspruchung: Kreisbiegeschwingung. (Die Probestäbe sind aus zwei verschiedenen Luftschrauben entnommen. ○ Luftschraube 1, × Luftschraube 2.) σ_w Wechsel- oder Schwingungsfestigkeit.

Abb. 5 bis 7
Ermüdungsbeanspruchungen.

Die kennzeichnenden Fälle von Ermüdungsbeanspruchung bei verschieden großer statischer Vorspannung sind in Abb. 5 bis 7 dargestellt. Im Falle der Wechselbeanspruchung, Abb. 5, schwankt die Belastung zwischen gleich großen positiven und negativen Werten (σ_w); die statische Vorspannung ist gleich null. Bei Ursprungsbeanspruchung, Abb. 6, wechselt die Belastung zwischen null und einem Höchstwert (σ_u); die statische Vorspannung $\left(\frac{\sigma_u}{2}\right)$ ist gleich der Hälfte dieses Wertes. Unter Vibrationsbeanspruchung, Abb. 7, ist die aus einer statischen Grundbelastung (σ) und einer überlagerten Schwingungsbeanspruchung zusammengesetzte Beanspruchung zu verstehen; die Spannung bewegt sich zwischen zwei verschieden großen positiven Werten (σ_v und $2\,\sigma - \sigma_v$).

In welchem Zusammenhang diese drei Beanspruchungsarten bei einem bestimmten Werkstoff stehen, geht aus Abb. 8 hervor. Je kleiner die überlagerte Schwingungsbeanspruchung im Verhältnis zur statischen Vorspannung ist, um so mehr nähert sich die Ermüdungsfestigkeit der statischen Festigkeit.

Selbstverständlich darf der Werkstoff in Konstruktionsteilen nicht bis an die Grenze der versuchsmäßig ermittelten Ermüdungsfestigkeit beansprucht werden, da bereits geringfügige Ungleichmäßigkeiten im Werkstoff, Oberflächenfehler durch Bearbeitung und dergl. die Ermüdungsfestigkeit erheblich herabdrücken können[6]). Nach einem Entwurf für die Bauvorschriften für Flugzeuge darf der Werkstoff eines Konstruktionsteils nur bis zum 0,8fachen Betrag des dynamischen Anteils seiner Ermüdungsfestigkeit beansprucht werden. Da außerdem die Forderung besteht, daß bei statischer Belastung die $\sigma_{0,02}$-Grenze im Betriebe nicht überschritten wird, so ergibt sich als zulässige Beanspruchung eines Werkstoffes der in Abb. 9 angegebene Bereich.

Die bei Dauerbiegung von Rundstäben ermittelten Werte für die Wechselfestigkeit einiger Kurbelwellenstähle und Leichtmetallegierungen, wie man sie im Luftfahrzeugbau verwendet, sind in den Zahlentafeln 1 und 2 enthalten. Zur Kennzeichnung der Werkstoffe sind die Werte für Zugfestigkeit, 0,2-, 0,02- und 0,001-Elastizitäts-

[5]) H. F. Moore, Manual of Endurance under repeated stress Engineering Foundation, Publ. N. 13 S. 26.

[6]) J. Czochralski und E. Henkel, Welche Veränderungen erleiden die mechanischen Eigenschaften durch Ermüdung? Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 58; E. Lehr, Oberflächenempfindlichkeit und innere Arbeitsaufnahme der Werkstoffe bei Schwingungsbeanspruchung, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 78.

Abb. 8
Einfluß der statischen Grundbelastung auf die Ermüdungsfestigkeit von Stahl mit 0,17 vH C. (Nach Versuchen von H. J. Tapsell, Iron & Steel Institute.)

Abb. 9
Zulässiger Beanspruchungsbereich für Flugzeugbaustoffe im sicheren Belastungszustand, nach den Bauvorschriften für Flugzeuge 1928 (Entwurf).

Zahlentafel 1
Festigkeitswerte von Kurbelwellenstahl

Nr.	1	2	3	4	5
Analyse: C	0,53	0,45	0,51	0,55	
Si	0,16	0,19	0,41	0,223	
P	0,015	0,032	0,022	0,017	
S	0,009	0,013	0,012	0,014	
Mn	0,34	0,17	0,43	0,46	
Cr	1,06	0,94	0,97	0,89	
Ni	2,95	4,64	4,58	3,91	
Wo	0,77	0,011	0,0	0,0	
Zugversuch:					
E-Grenze . $\sigma_{0,001}$ kg/mm²	81,7	43,3	73,3	62,9	81,9
„ $\sigma_{0,02}$ „	115,5	67,4	89,4	84,5	93,5
Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ „	124,3	76,4	89,9	98,0	101,5
Bruchspannung σ_B „	140,7	79,5	101,6	106,7	114,1
Dehnung . . . . δ_5 vH	9,7	18,8	18,6	13,6	16,3
Einschnürung . . ψ „	39,8	64	57	58	54,1
Kerbschlagprobe: spez. Schlagarbeit mkg/cm²	2,5	8,1	5,5	5,3	
Wechselfestigkeit (Kreisbiegung) kleiner Stab σ_w kg/mm² (Schenck-Maschine)	61,2	47,6	50,8	51,8	58,8

Zahlentafel 2
Festigkeitswerte von Leichtmetallen

	Duralumin (Stangen)	Lautal (Stangen)	Aeron*) sehr große Platten)	Elektron AZM (Stangen)
E-Grenze $\sigma_{0,001}$ kg/mm²	12,0	13,1	10,0	—
„ $\sigma_{0,02}$ „	20,7	16,6	16,8	12,0
Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ „	25,2	19,9	21,3	23,8
Bruchspannung σ_B „	42,4	37,6	35,9	33,6
Bruchdehnung . δ_{10} vH	25,7	24,2	19,5	14,25
Einschnürung . ψ „	37,3	38,7	25,5	19,8
Wechselfestigkeit (Kreisbiegung) σ_r kg/mm² (Schenck-Maschine)	14	13,4	12,3	15,5

*) Die Werte für Aeron sind im Verhältnis etwas zu ungünstig.

Abb. 11
Verdrehungs-Dauerbruch am Kurbelwellenzapfen eines Sechszylinder-Reihenmotors. Verunreinigungen des Werkstoffes durch Schlackeneinschlüsse und ausgesprochene Faserstruktur.

Abb. 10
Graphische Ermittlung der Ursprungs- und Vibrationsfestigkeit bei bekannter Wechselfestigkeit σ_w und statischer Festigkeit (σ_B).

Abb. 12 und 13
Bruchstücke einer Kurbelwelle (Dauerbruch). Der Anriß erfolgte am Übergang vom Bund zum Zapfen.

Abb. 17
Bruchstelle an der Nabe einer Leichtmetall-Luftschraube (vergl. Abb. 18).

ohne Bund $\sigma_{w_1} = 58$ kg/mm² mit Bund $\sigma_{w_2} = 36$ kg/mm²

Abb. 14 und 15. Wechselfestigkeit von Probestäben mit Querschnittsänderungen (bei stufenweiser Belastung durch Kreisbiegung).

Kurbelwellenstahl: $\sigma_{0,001} = 76$ kg/mm² $\sigma_{0,2} = 114$ kg/mm² $\sigma_B = 126$ kg/mm² $\delta = 13,3$ vH $\psi = 58$ vH,

Abb. 16
Kurbelwellenstahl, gebrochen nach 60 000 Wechseln mit 36 kg/mm² Beanspruchung. (Vergl. Abb. 14 und 15.)

Abb. 18 (rechts) Dauerbiegeversuch an einer Leichtmetall-Luftschraube (Abb. 17). Einseitiger Anbruch, von der Einspannung des Flügels ausgehend.

grenze, Bruchdehnung und Einschnürung, bei den Stählen außerdem die chemische Zusammensetzung und die Kerbzähigkeit angegeben[7]).

Reine Wechselbeanspruchung kommt bei Konstruktionsteilen verhältnismäßig selten vor. Meistens ist eine mehr oder weniger große statische Beanspruchung vorhanden, der eine Schwingungsbeanspruchung überlagert ist (Ursprungs-, Vibrationsbeanspruchung). Solche Belastungsfälle finden sich z. B. bei Ventilfedern, deren Beanspruchung zwischen einer bestimmten Vorspannung beim geschlossenen Ventil und einer Höchstspannung beim geöffneten Ventil schwankt, oder bei Luftschrauben, die außer den statisch wirkenden Fliehkräften wechselnden Kräften infolge von Biegungs- oder Verdrehungsschwingungen der Flügel ausgesetzt sind.

Untersuchungen über die Ermüdungsfestigkeit von Werkstoffen werden — wohl wegen der einfacheren Versuchsdurchführung — fast immer nur bei reiner Wechselbeanspruchung ausgeführt. Im Schrifttum sind nur sehr wenige, meist weit zurückliegende Angaben von Wöhler, Bauschinger, Haigh, Moore u. a. über Ermüdungsfestigkeit bei Vorspannung zu finden. Im Interesse des gesamten Ingenieurwesens wäre es dringend erwünscht, wenn diese Lücke in den Angaben über die wichtigsten Eigenschaften unserer Baustoffe bald ausgefüllt werden würde.

Eine Möglichkeit, bei bekannter Wechselfestigkeit und statischer Festigkeit die Ermüdungsfestigkeit bei verschieden großer Vorspannung abzuschätzen, gibt einstweilen das in Abb. 10 dargestellte, erstmalig wohl von Goodman angegebene Diagramm, dessen Anwendung allerdings, soweit nach den vorliegenden Versuchsergebnissen beurteilt werden kann, zu niedrige Werte für die Ursprungs- und Vibrationsfestigkeit liefern dürfte.

Beispiele von Dauerbrucherscheinungen aus dem Flugbetrieb

Naturgemäß treten Dauerbrüche am Triebwerk häufiger auf als beim Flugwerk, da die Motorteile in stärkerem Maß Ermüdungsbeanspruchungen unterworfen sind als die Konstruktionsteile des Flugzeuges.

Insbesondere ist es die Kurbelwelle, die oft erst nach praktischer Inbetriebnahme des Motors im Flugzeug zu Störungen Anlaß gibt. Abb. 11 zeigt einen solchen Dauerbruch am Kurbelwellenzapfen eines Sechszylinder-Reihenmotors. Der ausgeprägte Verdrehungsbruch nahm an der mit Pfeil bezeichneten Stelle seinen Ausgang und setzte sich nach beiden Seiten gleichmäßig in einem spiralförmigen Riß fort. Wie schon aus der Beschaffenheit der Bruchfläche erkannt werden kann, weist der Werkstoff starke Verunreinigungen durch Schlackeneinschlüsse und ausgesprochene Faserstruktur auf. In Abb. 12 und 13 sind die Bruchstücke einer Kurbelwelle ähnlicher Bauart dargestellt. Der gleichfalls durch Zonenbildung gekennzeichnete Anriß hat sich hier am Übergang des Bundes zum zylindrischen Teil des Zapfens gebildet. Um den Einfluß des Bundes, der bei schroffem Übergang starke örtliche Spannungserhöhungen hervorrufen kann, auf die Ermüdungsfestigkeit zu ermitteln, wurde aus dem Kurbelwellenstahl je ein glatter und ein mit Bund versehener Rundstab, Abb. 14 und 15, hergestellt und in der Dauerbiegemaschine bis zum Bruch belastet. Die Wechselfestigkeit des glatten Stabes betrug 58 kg/mm², die des Stabes mit Bund 36 kg/mm². Der Bund hatte also eine Herabsetzung der Wechselfestigkeit um 38 vH zur Folge. Einflüsse von ähnlicher Größenordnung bei Verwendung von Probestäben mit Querschnittsänderungen sind auch von anderer Seite[8]) festgestellt worden. Die Bruchflächen des Stabes mit Bund zeigt Abb. 16.

Ein Beispiel eines Dauerbruches des Flügels einer Leichtmetallschraube geben Abb. 17 und 18. Die Bruchstelle liegt unmittelbar an der Nabe. Der Anriß geht von der Unterseite des Flügels aus und breitet sich allmählich bis zum Eintreten des statischen Restbruches über den Flügelquerschnitt aus. Die Bruchursache steht in diesem Falle mit der Bauart des Flugzeuges in Zusammenhang. Die Anordnung des Motors war so getroffen, daß die Flügelspitzen der Luftschraube in einem sich am Flugzeug ablösenden Luftwirbel arbeiteten, der die Luftschraubenflügel zu starken Biegungsschwingungen anfachte und den vollständigen Bruch des einen Flügels und einen Anbruch des andern Flügels an der Stelle der größten Biegebeanspruchungen (Nabe) herbeiführte.

Daß im Betriebe vielfach Ermüdungsbeanspruchungen auch bei solchen Konstruktionsteilen vorkommen, bei denen der Konstrukteur nur statische Beanspruchungen voraussetzt, bestätigt das nachfolgende Beispiel. Mit dem Konstruktionsteil, Abb. 19 und 20, ist eine Strebe gelenkig am Flügel angeschlossen. Der Strebenbeschlag besteht aus je zwei dünnen, aneinander liegenden Stahlblechen, die durch einen Bolzen mit dem Gegenbeschlag am Flügel verbunden sind. Bei der Konstruktion des Strebenbeschlages wurde die Spannungsverteilung über den Lochquerschnitt bei ruhender Belastung, Abb. 21, zu-

[7]) Die angegebenen Zahlen sind in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt von Dr.-Ing. Mathaes ermittelt worden.

[8]) Wawrziniok. Handbuch des Materialprüfungswesens; H. F. Moore und J. B. Kommers. The Fatigue of Metals, Mc Graw-Hill Book Co., New York 1927. S. 198 u. f.

Abb. 21
Spannungsverteilung im Lochquerschnitt bei statischer Beanspruchung.

Abb. 22
Spannungsverteilung bei übergelagerter dynamischer Beanspruchung.

Abb. 19 bis 22
Vibrationsbeanspruchung in einem Strebengelenk infolge von Biegeschwingungen der Strebe um die Bolzenachse (schematische Darstellung).

grunde gelegt. Durch irgendwelche äußeren Einflüsse (Luftkräfte, Erschütterungen) führte die Strebe am Flugzeug Biegungsschwingungen um die Bolzenachse aus, wodurch am Bolzenumfang wechselnde Reibungskräfte entstanden, die sich im Laufe des Betriebes wegen ungenügender Schmierung des Bolzens und Einfressens der Bleche an der Bolzenoberfläche weiter vergrößerten. Die Spannungsverteilung im Lochquerschnitt des Strebenbeschlags änderte sich in der Weise, daß sich der in Abb. 21 angegebenen statischen Beanspruchung eine wechselnde Belastung überlagerte, die besonders am Lochrand sehr hohe Werte erreichte, Abb. 22, und an dieser Stelle zu einem Anriß der Beschlagbleche führte, Abb. 23. Die durch das Fressen der Bleche beschädigte Bolzenoberfläche zeigt Abb. 24.

Richtlinien zur Gewährleistung genügender dynamischer Festigkeit bei Flugzeug-Konstruktionsteilen

Zur Vermeidung von Ermüdungsbrüchen bei Konstruktionsteilen von Flugzeugen und Motoren erscheinen folgende Mittel und Wege geeignet:

1. Berücksichtigung aller rechnerisch erfaßbarer dynamischer Beanspruchungen, denen ein Konstruktionsteil im Betriebe ausgesetzt sein kann, bei der Konstruktion und Festigkeitsrechnung.
2. Ausbau der Meßverfahren zur Ermittlung der auftretenden dynamischen Beanspruchungen.
3. Möglichste Ausschaltung von Ermüdungsbeanspruchungen durch entsprechende Wahl der Eigenschwingungszahlen von Bauteilen oder durch Anwendung von Schwingungsdämpfern[9]).
4. Prüfung der verwendeten Werkstoffe auf Ermüdungsfestigkeit (insbesondere auch auf Ursprungs- und Vibrationsfestigkeit), und zwar möglichst unter Bedingungen, wie sie bei dem betreffenden Konstruktionsteilen vorliegen (Probestäbe mit Gewinde, Bund, Kerben und dergleichen).
5. Auswahl und Entwicklung von Baustoffen mit guter Ermüdungsfestigkeit und Dämpfungsfähigkeit[10]).
6. Berücksichtigung von Form und Abmessungen von Konstruktionsteilen bei Anwendung der an einfachen Probestäben ermittelten Ermüdungszahlen, notwendigenfalls Vornahme von Ermüdungsversuchen mit Konstruktionsteilen (Blechen, Rohren, Profilen, Schrauben, Niet-, Schweißverbindungen und dergleichen) oder ganzen Bauteilen. Sehr aufschlußreich sind auch Ermüdungsversuche mit geometrisch ähnlichen Modellen von Bauteilen.
7. Sorgfältige Bearbeitung und Behandlung von auf Ermüdung beanspruchten Bauteilen (Vermeidung von Oberflächenfehlern, wie Drehriefen, Kratzern und Rissen, von Schlackeneinschlüssen und dergl.).
8. Anwendung wirksamer und zuverlässiger Oberflächenschutzmittel bei Bauteilen aus nicht korrosionsbeständigen Werkstoffen. Anfressungen durch Witterungs- und Seewasserangriff können, besonders bei Leichtmetallen, einen beträchtlichen Rückgang der Ermüdungsfestigkeit bewirken[11]). [B 2044]

[9]) Vorrichtungen zur Dämpfung von Flugzeugstreben und von Kurbelwellen von Flugmotoren sind bereits mit Erfolg angewendet worden.

[10]) O. Föppl, Über die Berechnung der Randdämpfung aus der mittleren Dämpfung, Schweiz. Bauz. Bd. 86 (1925) Heft 23; O. Föppl, Die Elastizitätsgrenze, Z. f. Flugt. und Motorluftsch. Bd. 19 (1928) S. 2.

[11]) Moore und Jasper, Univers. Illinois Eng. Exp. Sta. Bull. Bd. 152 (1925) S. 25. — Stanton und Bairstow, Proc. Brit. Inst. Civil Eng. Bd. 166 (1906) S. 78. — Timoschenko und Diez, Trans. Am. Soc. Mech. Eng. Bd. 47 (1925) S. 199.

Abb. 23
Dynamischer Anriß am Bolzenloch des Strebenbeschlages, Abb. 19 und 20, infolge wechselnder Reibungskräfte beim Schwingen der Strebe.

Abb. 24
Chromnickelstahl-Bolzen, dessen Oberfläche durch Fressen der Beschlagbleche beschädigt ist (Abb. 19 und 20).

Technische Fortschritte beim Rhön-Segelflugwettbewerb 1928

Von Dipl.-Ing. M. v. Pilgrim, Berlin-Johannisthal

Allgemeiner Überblick, Einteilung und Bedeutung des Wettbewerbes. — Schul- und Übungsflugzeuge. — Leistungsflugzeuge. — Ergebnis des Wettbewerbes: Ausnutzung des Aufwindes unter Wolken, Steigerung der Flugleistungen, Erfolg der Schulung. — Zusammenfassung: Verfeinerung der Konstruktionen, keine grundsätzlich neuen Wege.

Allgemeiner Überblick über den Rhön-Segelflugwettbewerb 1928

Drei Klassen von Segelflugzeugen haben sich in den letzten Jahren herausgeschält:

1. das Schulflugzeug, ein Gleitflugzeug für die Anfangsschulung,
2. das Übungsflugzeug oder Schul-Segelflugzeug für die Weiterschulung und Übung,
3. das Leistungsflugzeug.

Der Rhön-Segelflugwettbewerb 1928 zeigte dieselbe Dreiteilung in Schulungs-, Übungs- und Leistungswettbewerb. Ein besonderer technischer Wettbewerb wie im Vorjahre fand nicht statt; doch waren Prämien für konstruktive Neuerungen ausgesetzt. Infolge dieser Beschränkung in der Bewertung der konstruktiven Neuerungen wurde erreicht, daß Unfertiges von der Rhön fernblieb.

Das, was dem Schulungs- und Übungswettbewerb seine Bedeutung gibt, ist die Heranbildung fliegerischen Nachwuchses und die Verbreitung des Fluggedankens in weite Volkskreise, während der Leistungswettbewerb der Vertiefung der Segelflug- und Strömungsforschung und der Züchtung und Weiterentwicklung der Flugzeuge dienen soll. Im Gegensatz zum Schulungs- und Übungswettbewerb, der mehr als ein sportlicher Wettkampf mit technischen Hilfsmitteln gedacht ist, spielt beim Leistungswettbewerb neben der Leistung des Führers die des Flugzeuges eine ausschlaggebende Rolle.

Das klare Bild der Dreiteilung von Flugzeuggruppen und Wettbewerb hat sich insofern verschoben, als nach der Ausschreibung im Schulungswettbewerb Flugzeuge mit schlechtem Gleitwinkel, also Schulungs- und Übungsflugzeuge gemeinsam in Wettbewerb traten, während im Übungswettbewerb neben Übungsflugzeugen vor allem auch Leistungsflugzeuge, geführt von jüngeren Segelfliegern, miteinander wetteiferten.

Schul- und Übungsflugzeuge

Die von der Rhön-Rossitten-Gesellschaft als eine Art Norm herausgebrachten Schul- und Übungsflugzeuge, Baumuster Zögling und Baumuster Prüfling, deren Zeichnungen unerfahrenen Baulustigen gegen geringe Kosten zur Verfügung gestellt werden, haben sich auch in diesem Jahre weiter durchgesetzt, so daß heute die Mehrzahl der Schul- und Übungsflugzeuge dieser Norm entsprechen. Eine nähere Beschreibung des Schulflugzeugs, eines verspannten Sitzgleiters mit Gitterschwanz, und des Übungsflugzeugs, eines abgestrebten Rumpfhochdeckers mit geringer Spannweite, ist vor einem Jahr an dieser Stelle gegeben worden[1]).

Das Baumuster Zögling, sowie die andern Anfangsschulflugzeuge lassen sich auf das Baumuster „Hol's-der-Teufel" (Djävlar anama) von 1923 zurückzuführen, das auch in diesem Jahr in verbesserter Ausführung mehrfach vertreten war. Während jedoch das Baumuster Zögling, den Anforderungen der Anfängerschulung gemäß, als reines Gleitflugzeug mit offenem Sitz gebaut ist, hat das Baumuster Hol's-der-Teufel verkleideten Sitz, größere Spannweite und größere Fläche und infolge der aerodynamisch besser durchgebildeten Form und geringerer Flächenbelastung auch Segelfähigkeit.

Maßgebend für die Konstruktion des Baumusters Hol's-der-Teufel, sowie der Übungsflugzeuge (Prüflingsbauart) war die Erkenntnis, daß man, wenigstens für mäßige Windgeschwindigkeiten, geringe Sinkgeschwindigkeit auch bei schlechten Gleitwinkeln erreichen kann, wenn man mit der Flächenbelastung heruntergeht.

Diese Grundgedanken haben offenbar auch zur Entwicklung zweier neuer Flugzeuge geführt, die unter starker Betonung der Vorteile und unter Vermeidung der Nachteile (geringe Verdrehsteifigkeit des Flügels, Strebe vorm Kopf des Führers) der alten Bauart entstanden sind und zu deren Entwicklungsreihe gerechnet werden können. Das sind die Siegerflugzeuge des diesjährigen Schulungswettbewerbs, das Baumuster „Luftkurort Poppenhausen" von Schleicher und das Baumuster „Mecklenburg" von Krekel. Bemerkenswert ist, daß beide Flugzeuge als

[1]) Bd. 71 (1927) S. 1717.

6200

15000

1800

RZ2135Z1-3

Abb. 1 bis 3
Schul-Segelflugzeug, Baumuster Luftkurort Poppenhausen, von Schleicher. Flächenbelastung einsitzig 7,9 kg/m², zweisitzig 10,7 kg/m².

RZ2135Z4

Abb. 4
Flugzeug, Baumuster Luftkurort Poppenhausen, schräg von der Seite.

Zweisitzer gebaut sind. Auf ihre gut durchgebildete Konstruktion und die infolgedessen gegenüber den normalen Schulflugzeugen gesteigerten Flugleistungen gründet sich im wesentlichen ihr Erfolg im Wettbewerb.

Daß das beabsichtigte Bild des sportlichen Wettkampfes mit nahezu gleichwertigen Flugzeugen durch das Auftreten dieser Flugzeuge etwas beeinträchtigt wurde, mag man bedauern; vom technischen Standpunkt aus betrachtet, ist es erfreulich, daß es den Erbauern im Rahmen des durch die Ausschreibung vorgeschriebenen schlechten Gleitwinkels (nicht besser als 1 : 12) gelungen ist, so geringe Sinkgeschwindigkeit und genügende Wendigkeit zu erreichen, daß die erzielte Segelfähigkeit diese Flugzeuge, namentlich wenn sie einsitzig geflogen wurden, den andern überlegen machte. Immerhin grundlegend Neues im äußeren Aufbau bringen diese Flugzeuge nicht.

Das Baumuster Luftkurort Poppenhausen, Abb. 1 bis 4, hat, ähnlich der Übungsflugzeug-Bauart, einen durch Streben abgefangenen Flügel, jedoch Gitterschwanz und Leitwerk wie die Schulflugzeug-Bauart. Die Sitze sind in einem Boot untergebracht, über dem auf drei Stützen der geteilte Flügel ruht.

Für das Baumuster Mecklenburg, Abb. 5, ist als besonderes und von den andern erfolgreichen Flugzeugen unterscheidendes Merkmal die Verwendung von Stahlrohr für Boot, Abb. 6, Gitterschwanz, Seitenleitwerk und Höhenruder zu nennen.

Der zweiteilige, zweiholmige Flügel, Abb. 7, hat den gleichen grundsätzlichen Aufbau wie der gegenüber dem Hol's-der-Teufel-Baumuster verbesserte Zögling-Flügel mit Schrägenverband gegen Verdrehung im überkragenden äußeren Teil. Mittels Differential-Querrudersteuerung wurde gute Steuerwirkung und Wendigkeit erreicht. Die eingebaute übliche Doppelsteuerung ermöglicht eine Schülerausbildung im Fluge, ein Schulungsverfahren, das — im Motorflugsport heute selbstverständlich — bei der Segelfliegerei jedoch fast allgemein abgelehnt wird.

Beachtlich ist weiter die leichte und schnelle Auf- und Abrüstmöglichkeit durch Einbau einer Spindel in die Spannturmspitze. Nach Herablassen der Spindel werden sämtliche Tragseile gelockert, so daß alle Anschlußbolzen leicht herausgenommen werden können, wodurch das Lösen der Spannschlösser und zeitraubendes Neuverspannen der Flügel beim Wiederaufrüsten vermieden wird.

Zu wünschen wäre, wenn die bei diesem Flugzeug so erfolgreiche Anwendung der geschweißten Stahlrohrbauart, eine Bauweise, die für Rümpfe von Motorflugzeugen wegen des größeren Schutzes der Insassen bei Bruch weitestgehend bevorzugt wird, das Vorurteil der Segelflugzeug-Konstrukteure gegen diese Bauart beseitigen würde; auch Gewichtsgründe sprechen eher für als gegen diese Bauweise[2]); denn das für das höhere Fluggewicht eines Zweisitzers gebaute Baumuster Mecklenburg wiegt mit 95 kg nicht mehr als der einsitzige Zögling.

Leistungsflugzeuge

Die hochwertigen Flugzeuge des Übungs- und Leistungswettbewerbes zeigten ebenfalls keine grundlegend neuen Gedanken. Neue Flugzeuge mit Profilveränderung, Entenflugzeuge, schwanzlose oder andre neue, vom Normalen stärker abweichende Muster waren nicht erschienen. Die Fortschritte beruhten vielmehr auf einer weiteren Verbesserung und Verfeinerung in aerodynamischer und konstruktiver Beziehung.

Alle Flugzeuge waren Hochdecker; Einsitzer waren weitaus vorherrschend. In der Mehrzahl waren sie einholmig mit Torsionsnase, freitragend und hatten meist dreiteiligen Flügel. Neben dieser Bauart ist die für Lei-

[2]) Die Anwendung der Stahlrohrbauweise setzt allerdings zweierlei voraus: Das Vorhandensein einer Schweißanlage und vor allem eines guten, auf geringe Wanddicken (0,5 bis 1 mm), eingeübten Schweißers, Voraussetzungen, die bei vielen Segelflugsport treibenden Vereinen nicht erfüllt sind. Bemerkt sei, daß der Mecklenburgische Aero-Club mit einer kleinen beförderbaren und billigen, da selbst gefertigten Schweißanlage auf der Rhön erschien, wodurch rasche und billige Ausbesserungen ermöglicht waren.

RZ2135Z7

Abb. 7
Rechte Tragfläche des Baumusters Mecklenburg im Rohbau. Der Flügel entspricht der bei Schulflugzeugen üblichen Bauart.

RZ2135Z5

Abb. 5
Schul-Segelflugzeug, Baumuster Mecklenburg, von Krekel beim Aufstieg. Flächenbelastung einsitzig 7,9 kg/m², zweisitzig 11,4 kg/m². (Aufnahme der Firma Presse-Photo-G. m. b. H., Berlin SW 48)

RZ2135Z6

Abb. 6
Boot mit Spannturm bei Mecklenburg im Rohbau. Beachtliche Stahlrohrkonstruktion. Bemerkenswert ist der Verspannungsverschluß in der Spannturmspitze an einer Spindel zwecks einfachen Rüstens.

Abb. 9 bis 11
Leistungsflugzeug, Bauart Kakadu, der Akademischen Fliegergruppe München. Die Spannweite beträgt das 21fache der mittleren Flügeltiefe, die Flächenbelastung 11,6 kg/m².

stungsflugzeuge seltener angewandte Bauart mit abgestrebtem zweiholmigen Flügel, deren erfolgreichster Vertreter seit 1923 der Darmstädter Zweisitzer, Baumuster Margarete, war, erfolgreich angewendet worden.

Das Siegerflugzeug des Jahres 1928, das Baumuster Rhöngeist von Lippisch (Rhön-Rossitten-Gesellschaft), entspricht im wesentlichen der letztgenannten Bauart, Abb. 8. Der dreiteilige Flügel ist mit V-Streben nach dem Rumpf zu abgefangen. Der Rumpf ist im Gegensatz zu den meisten neueren Leistungsflugzeugen nicht oval, sondern sechseckig, jedoch schnittig und schlank auslaufend. Das Seitenverhältnis[3]) von 1 : 14,3 ist in durchaus mäßigen Grenzen gehalten. Mit dieser Konstruktion gelang es, ein hochwertiges, jedoch nicht überzüchtetes Flugzeug zu schaffen, das besonders für die Krönung und den Abschluß der Segelfliegerausbildung gut geeignet sein dürfte.

[3]) Ein gutes Seitenverhältnis (Verhältnis von mittlerer Flügeltiefe zur Spannweite) ist wesentlich bestimmend zur Erreichung eines guten Gleitwinkels und im Verein mit der Flächenbelastung zur Erreichung geringer Sinkgeschwindigkeit, Eigenschaften, die Hauptkennzeichen eines Leistungsflugzeuges sind.

Abb. 8
Das Flugzeug Rhöngeist von Lippisch, das siegreiche Flugzeug des Jungfliegers Kronfeld.

Gleichen Aufbau wie das Baumuster Rhöngeist zeigt der in Zusammenarbeit mit der Rhön-Rossitten-Gesellschaft entwickelte Zweisitzer, Baumuster Mannheim, von Schleicher. Der hintere Sitz ist der Schwerpunktlage wegen unter der Flügelnase angeordnet. Für die Flügellagerung ist hierdurch ein stärkeres Überkragen des Vorderholm-Aufhängungspunktes an dem dem Rumpf aufgesetzten Hals bedingt.

Bemerkenswert für die neuen stark von der Rhön-Rossitten-Gesellschaft beeinflußten Flugzeuge ist, daß die wichtigen Anschlüsse und die Rudergelenke unter Spaltverkleidungen aus Zellon sichtbar und daher leicht zu überwachen sind.

Das Abfangen eines Flügels durch eine Strebe hatte man letztes Jahr bei dem einholmigen Flugzeug, Baumuster Oberschlesien, benutzt, um ein äußerst hohes Seitenverhältnis von 1 : 20 bei erträglichem Gewicht erreichen zu können. Dieses hohe Seitenverhältnis des Flügels wurde dieses Jahr sogar bei freitragender Bauart noch überboten durch die Münchener Akademische Fliegergruppe mit dem Baumuster Kakadu. Das Baumuster Kakadu, Abb. 9 bis 11, hat bei einer Spannweite von 19 m eine Fläche von 17,2 m², somit ein Seitenverhältnis von 1 : 21. Als Gewicht werden 125 kg angegeben, was bei dieser Spannweite als gering bezeichnet werden kann. Das verhältnismäßig geringe Gewicht konnte durch die schon in den Vorjahren bei dem Baumuster Münchener Kindl gezeigte Flügelbauart der tragenden Außenhaut erreicht werden. Der Flügelbereich zwischen den zwei verhältnismäßig nahe aneinander liegenden Holmen ist mit starkem Sperrholz beplankt und so mit zum Tragen herangezogen. Die beiden Holme bilden also zusammen mit Stegen und Beplankung gewissermaßen einen einzigen dünnwandigen Kastenholm, der gleichzeitig Biegungs- und Verdrehungskräfte aufnehmen kann.

Bei diesem Flugzeug hat man erstmalig ein neues, von der Rhön-Rossitten-Gesellschaft entwickeltes Flügelprofil[4]) angewendet. Es läuft, wie die Juokowski-Profile, hinten spitz aus, unterscheidet sich aber von diesen vor allem durch keulenförmige Verdickung der Profilnase. Die erreichte Verringerung des Profilwiderstandes bei hohen Auftriebsbeiwerten spielt bei den hochgezüchteten Leistungsflugzeugen eine nicht unbedeutende Rolle. Für die Verhältnisse des Baumusters Kakadu dürfte die zu erwartende Verbesserung des Gleitwinkels und der Sinkgeschwindigkeit bei Verwendung dieses Profils gegenüber dem bei Leistungsflugzeugen weit verbreiteten Messerschmitt-Profil[5]) in der Größenordnung von 12 bis 15 vH. liegen.

Von den übrigen erfolgreichen Flugzeugen ist das Flugzeug Darmstadt ein nur unwesentlich geänderter Neubau des vorjährigen Siegerflugzeugs, vom letzten Jahr her bekannt.

Das Baumuster Württemberg, eine Konstruktion von Laubenthal, Abb. 12 bis 14, das siegreiche Flugzeug Wolfgang Hirths im französischen Segelflugwettbewerb in Vauville, stellt eine Weiterentwicklung des von Schulz geflogenen Flugzeuges Westpreußen und des Flugzeuges Stuttgart (Konstruktion Hoffmann) dar, alles Flugzeuge aus der Darmstädter Schule, freitragend mit Torsionsnase (steif gegen Verdrehung).

Das neue Flugzeug von Kegel, das Baumuster Kassel, fiel besonders auf durch den schlanken und schmalen Rumpf. Infolge des geringen Rumpfquerschnittes war die Anwendung der gebräuchlichen Knüppelsteuerung nicht mehr möglich. Die in der Hauptsache aus Dur-

[4]) Göttingen 652. Vergl. Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 276.
[5]) Göttingen 535. Für Motorflugzeuge kommt Profil 652 im Gegensatz zu 535 nicht in Betracht.

Abb. 12 und 13
Leistungsflugzeug, Baumuster Württemberg. Der allgemeine Aufbau entspricht der am meisten verbreiteten Bauart der Leistungsflugzeuge. Flächenbelastung 15 kg/m².

Abb. 14
Flugzeug Baumuster Württemberg.

alumin gebaute Steuerung zeigt in der Grundanordnung die Junkers-Steuerung, eine Abart der Handradsteuerung.

Einen gut durchgebildeten Hochdecker zeigte auch Schleicher. Abweichend vom Üblichen zeigt der freitragende Flügel zweiholmige Bauart mit Schrägenverband gegen Verdrehung zwischen den Holmen, Abb. 15 bis 18.

K i r c h n e r, der im Jahr 1927 mit dem Baumuster La Pruvo durch kleine Abmessungen (8,5 m² Flügelfläche) und geringes Gewicht (35 kg) überrascht hatte, brachte dieses Jahr ein großes Flugzeug, Baumuster Hessenland, mit 18 m Spannweite, 20 m² Fläche und dem außerordentlich geringen Gewicht von 80 kg. Der einholmige Flügel zeigt für Holm und Rippen, wie schon bei dem Baumuster La Pruvo, Fachwerkausführung mit gekreuzten Sperrholzschrägen. Der Rumpf hat vorn nur Schulterhöhe, so daß der auf den Rumpf aufgelegte Flügel vorn einen Ausschnitt für den Kopf des Führers erhalten mußte. Hinten läuft der Rumpf in ein auf der Spitze stehendes Quadrat von 20 cm Kantenlänge aus; er erwies sich aber nicht als genügend verdrehsteif. Deswegen und infolge andrer konstruktiver Mängel, die sich aus dem zu weit gesteigerten Streben nach Leichtbau ergaben, war diese an sich beachtliche Konstruktion des Baumusters Hessenland nicht vollkommen lufttüchtig. Vorsichtige Versuchsflüge ergaben gute Flugeigenschaften.

Ergebnis des Wettbewerbes

Die Erfolge des diesjährigen Wettbewerbes waren außer auf verbesserte Flugzeugkonstruktionen auf weiterentwickelte Technik des Segelfluges an sich, so besonders die Ausnutzung des Aufwindes unter Wolken, zurückzuführen. Ihre Auswirkung fanden diese Fortschritte in den Spitzenleistungen (Fernzielflüge, z. B. K r o n f e l d auf dem Flugzeug Rhöngeist, Fernsegelflug von 72 km von N e h r i n g auf dem Flugzeug Darmstadt, Höhe von 775 m über Aufstieg von D i t t m a r auf dem Flugzeug Albert. Im übrigen stellte der Wettbewerb einen schönen Erfolg der Schulung dar[6]). Hinsichtlich der Werkstattarbeit, deren Güte zwar von Jahr zu Jahr langsam zunimmt, bliebe noch bei Schul- und Übungsflugzeugen nicht unerhebliche Erziehungsarbeit zu leisten.

Zusammenfassung

Die technischen Fortschritte des diesjährigen Rhön-Wettbewerbes beruhen, wie im Vorjahr, auf sorgfältigerer und besserer Durchkonstruktion und in aerodynamischer Verfeinerung der Flugzeuge, ohne daß jedoch grundsätzlich neue Wege beschritten wurden.

[6]) Von den über 1000 Flügen während der 14 Wettbewerbtage wurden 81 vH für den Schulungs- und 13 vH für den Übungswettbewerb angemeldet, so daß nur rund 6 vH auf den Leistungswettbewerb entfallen. Zahlreiche Segelfliegerprüfungen wurden abgelegt.

[B 2135]

Abb. 15 bis 17
Leistungsflugzeug von Schleicher. Flächenbelastung 10 kg/m².

Abb. 18
Leistungsflugzeug von Schleicher von der Seite.

Zur Geschichte der Technik

Einige Bemerkungen anläßlich des Erscheinens des 18. Bandes der Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie[1]).

In einem kürzlich erschienenen Werke zur Geschichte der Naturwissenschaften, in Franz Strunz' „Astrologie, Alchemie, Mystik" heißt es von der Geschichte der Naturwissenschaften mit einigen Auslassungen: „Der Bildungswert der Geschichte der Naturwissenschaft als Geisteswissenschaft . . . . kommt dem der Geschichte der Philosophie mindestens gleich. Nicht allein Materialien, Biographien, Anekdoten, Jahreszahlen, Tatsacheneinteilung, das Nacheinander von Begebenheiten sind das Letzte dieser Geschichte; der beste Teil ihres Lebenswertes liegt im Verstehen, . . in einer höheren Tätigkeit geistiger Synthese, . . . die das Verlangen weckt nach lebendigem Erleben des innerlichen Geschehens. Auch die Geschichte der Naturwissenschaften muß vom Leben gefördert sein und arbeitet für das Leben, indem sie ihr Werk mit den uns heute bewegenden . . . Ideen in Zusammenhang bringt. Sie wird nicht ins Große wirken können, wenn sie nicht als Lebenskunde gelten kann. Ich glaube, wo sich ihre Tatsachen und Ergebnisse nicht mit dem Menschen innerlich berühren, mit Geschehnissen durchaus geistiger Art — denn auch hinter allen Erfahrungswissenschaften steht das Experimentieren mit Gedanken und ihren Gesetzen —, kann sie nie Geschichte im menschlich-geistigen Sinne werden. . . . Wir bereichern beim Geschichtsstudium nicht allein unser Wissen, wir schützen die vergangene, das heißt die weitere Welt und geistige Wirklichkeit, zu der wir gehören und die zu uns gehört, wie die unsrige der zukünftigen die Wege bahnt und in alles Kommende hineinwirkt. Wo Wissenschaften ihre innerliche Tradition vergessen und das geschichtliche Gedächtnis verlieren, vergessen und verlieren sie auch das Leben, das alles zur höheren Einheit verschmilzt; denn in aller Geschichte steckt eine mächtige Erweiterung der Lebenskunde und des Wissens um menschliches Geschick. Auch die Geschichte der Naturwissenschaften ist Geschichte des geistigen Wesens der Welt und des Menschen . . ."

Das gilt ohne Zweifel auch für die Geschichte der Technik und deckt sich in vielen Punkten mit meinen Ansichten. Mißverständnis der Technik und Auswirkung dieses Mißverständnisses in allen Gattungen unsrer höheren Schulen hat die Krise unsrer Kultur heraufbeschworen, der wir Jetztlebenden uns gegenübergestellt sehen. Kultur, die in edelster Bedeutung dieses Wortes der Ausdruck höchster Harmonie aller Wesensentfaltungen und Schaffenskräfte des einzelnen wie der Volksgesamtheit ist, scheint in Frage gestellt, wo sich zwischen zwei gleich wesentlichen Faktoren, wie es die geisteswissenschaftlich gerichteten Bestrebungen auf der einen, die technisch-praktischen Bemühungen auf der andern Seite sind, solche Unvereinbarkeit der Grundanschauungen herausbildet, wie wir sie zu unserm Bedauern vielfach beobachten.

Auch technisches Schaffen ist eine Form der Wesensäußerung schöpferischer Kräfte im Menschen; es ist gleichberechtigt mit den Formen des künstlerischen, des religiösen und des wissenschaftlichen Schaffens, es ist mit ihnen allen in einer Wurzel verwachsen und wird mit ihnen aus den Quellen gleicher Tradition gespeist. Die Vergangenheit hat von einem grundsätzlichen Unterschied zwischen Techniker, Künstler und Forscher nichts gewußt, sie hat die Gesamtpersönlichkeit gewertet und als Banausen nur den verachtet, der sich Enge des Horizontes zum Ruhm gereichen lassen wollte.

Spezialistentum aus Ehrgeiz ist gewiß nicht auf dem Boden der Technik zuerst erwachsen und jedenfalls für den Techniker großen Stiles die gefährlichste Mitgift, die er empfangen kann. Universalität zwar nicht des Wissens, aber des Verstehens und Sicheinfühlens war das wesentliche Ziel jeder wahren Bildung und wird es bleiben. Darum kann der Ingenieur von morgen der Menschheit und sich selbst keinen größeren und besseren Dienst erweisen, als wenn er immer von neuem sich bewußt wird und sich dazu bekennt, daß alles schöpferische Handeln ein Einziges ist, und daß sein technisches Schaffen mit der Gesamtheit alles Lebens und Erlebens in viel innigerer Wechselwirkung steht, als sehr weit verbreitete Schulweisheit sich träumen läßt. Ingenieursschaffen wirkt nach allen Seiten befruchtend und empfängt Befruchtung von allen Seiten her. Daß es auch künftig so sein wird, ist ein Glaube. Aber ein Glaube, der seine Grundlage im Wissen um die Vergangenheit hat, in der es so war.

[1]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Herausgeg.: von C. Matschoß, Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure, 18. Bd Berlin 1928, VDI-Verlag. 189 S. m. 209 Abb. und 17 Bildnissen. Preis 12 RM, für Mitglieder des V. d. I. 10,80 RM.

Betrachtet man die Dinge von diesem Standpunkt aus, so darf es als eines der erfreulichsten Zeichen unsrer Zeit gelten, daß die größte technische Organisation Deutschlands, der Verein deutscher Ingenieure, in klarer Erkenntnis geistiger Notwendigkeiten seit Jahrzehnten ein historisch-technisches Jahrbuch herausgibt und Abnehmer dafür findet. So gern der Berichterstatter hier den 18. Band der „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie" anzeigt, muß er doch insofern um Nachsicht für sich bitten, als die reiche Fülle des Inhalts es ihm unmöglich macht, sachkritisch zu den vielen größeren und kleineren Aufsätzen Stellung zu nehmen, deren jeder auf der Verarbeitung umfangreichen Sondermaterials aufgebaut ist. Sich solchen Umfang intimer Einzelkenntnis anmaßen zu wollen, würde höchstens ein Beweis des Mangels jeder wissenschaftlichen Selbsterkenntnis sein. Er kann und darf deshalb in der Hauptsache nur zum Grundsätzlichen der Schilderung Stellung nehmen.

Zuerst und in besonders angenehmer Weise fällt es auf, daß fast alle Abhandlungen bemüht sind, die großen kulturhistorischen Zusammenhänge zu zeigen, in die das danach eingehender behandelte Problem eingeordnet ist. Durch diese Art der Behandlung erhält auch derjenige, der dem behandelten Spezialgebiet ferner steht, eine ausgezeichnete Einführung in den Gedankenkreis der besprochenen Fragen. Nicht minder erfreulich ist die zweite Feststellung, die man machen kann. Es herrscht in dem ganzen Bande das Bestreben vor, wirklich historisch zu denken und die Wertmaßstäbe nicht unsrer Zeit, sondern dem jeweils betrachteten Zeitraum zu entnehmen. Ganz selten nur stößt man auf unangebrachtes Nebeneinanderstellen mit der Gegenwart, und selbst da, wo das geschieht, dürfte mehr der Wunsch besonderer Veranschaulichung die Ursache dieses Fehlers gewesen sein, als ein wirkliches Mißverstehen historischer Zusammenhänge.

Auch von der so beliebten Prioritätenmacherei, die sich in manchen historischen Darstellungen immer noch findet, ist kaum etwas zu verspüren. Gewiß soll der Forscher, wo er nach schärfster und unvoreingenommener kritischer Prüfung auf eine frühere Datierung stößt, als es die allgemein angenommene ist, berichtigen. Er soll aber nicht die Manie haben, alle entscheidenden Fortschritte nur durch die Brille chauvinistisch gefärbter Geschichtsklitterung zu sehen. Bietet doch gerade die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik sehr bezeichnende Beispiele dafür, daß es trotz aller wirtschaftlichen, politischen und sozialen Fehden eine übernationale und überständische Gemeinschaft gibt, ein kollektives Schaffen, dessen beste Werkmeister allen Kulturnationen gemeinsam angehören.

Könnte in dieser Hinsicht überhaupt ein Zweifel bestehen, so würden sich unter den Aufsätzen gerade des hier zu besprechenden Bandes eine ganze Anzahl finden, die geeignet wären, mit dieser Irrlehre gründlich aufzuräumen. Es sei diesbezüglich nur auf die vortreffliche Darstellung hingewiesen, in der Ernst Reichel, Berlin-Charlottenburg, „aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen" berichtet, ein Aufsatz, von dem man wünschen möchte, daß er in die Hände recht vieler Physiklehrer unsrer höheren Schulen gelangte, um ihnen zur Anregung und zur Belebung des Unterrichtes in der Hydrodynamik zu dienen. Ein gleiches gilt besonders in Rücksicht auf die Gymnasien von Alfred Birks, Prag, Abhandlung über „die altpersische Königstraße (Susa – Sardes) in bautechnischer Beleuchtung". Die Behandlung des Problems ist geradezu ein Lehrbeispiel dafür, wie sich an der Hand antiker Quellen (hauptsächlich des Herodot) ein Urteil über die Güte ältester Ingenieurarbeit gewinnen läßt, auch wenn sich aus den Quellen technische Einzelheiten nicht unmittelbar ergeben. Als ebenso vorbildlich dürfen die Ausführungen „zur Vorgeschichte der Luftfahrt" von Richard Hennig, Düsseldorf-Oberkassel, gelten. Was darin über die sogenannten fliegenden Wagen der Chinesen gesagt wird, ist vollkommen einleuchtend und überzeugend. Wenn ich im ersten Teile der Ausführungen etwas vermisse, so ist es höchstens der Hinweis darauf, daß manche frühe Flugerzählung, besonders der primitiven Völker, ihren Ursprung im Totemismus haben könnte, und daß uns die Freudsche Tiefenpsychologie außerdem den Flugtraum als einen der häufigsten Formen des Ehrgeiztraumes nachgewiesen hat.

Im Anschluß an die Neuausgabe des Agricola, der in seinem Bergwerksbuch ein Werk von internationaler Bedeutung geschaffen hat, auf das auch bei dieser Gelegenheit nochmals nachdrücklich hingewiesen sei, verdienen eine Reihe von Aufsätzen Beachtung, die wertvolle Ergänzungen dazu bieten. Als Außenstehender vermag ich natürlich nicht zu übersehen, ob es eine bewußte Absicht der Schriftleitung war oder ob ein glücklicher Zufall in diesem

Bande mehrere Abhandlungen vereinigt hat, die einander aufs schönste ergänzen und gleichsam einen Querschnitt durch die Geschichte des Bergbaues und die mit ihm in Zusammenhang stehenden Industrien legen. Es sind die Aufsätze von Franz Mayer, München, über „das Schwazer Bergwerksbuch vom Jahre 1556", eine wertvolle Bilderhandschrift, die sich in den bekanntesten Darstellungen zur Geschichte der Technik, wie es Becks Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues, Romockis Geschichte der Sprengstoffe, Jähns Geschichte der Kriegswissenschaften und Feldhaus' Technik der Vorzeit sind, nicht erwähnt findet, die gedrängte Schilderung, die Emil Treptow, Freiberg i. S., unter dem Titel „Der Bergbau des Oberharzes, seine Ausbeutemünzen und Ausbeutefahnen" gibt, und Siegfried Siebers, Aue (Erzgebirge), Schilderungen „Aus der Geschichte der Industrie des Erzgebirges". Auch was „aus der Entwicklungsgeschichte der Kleineisenindustrie in der ehemaligen Grafschaft Mark und dem Herzogtum Berg" von Ernst Bremecker, Velbert, mitgeteilt wird, ist noch als dazugehörig in weiterem Sinne zu rechnen.

Da die Fülle des Inhalts ein weiteres Eingehen auf die Einzelabhandlungen verbietet, genüge hier nächst dem am Schluß der Besprechung gegebenen Verzeichnis der übrigen Aufsätze des Bandes der Hinweis, daß Moritz v. Rohr in seiner bekannten gründlichen Art weiteres Material zur Geschichte der Brille beigebracht hat, daß ebenso wie im letzten Jahrgang sich wieder ein Bericht über noch erhaltene technische Kulturdenkmäler findet und daß sich auch unter den in der Rundschau mitgeteilten kürzeren Notizen so beachtenswerte Beiträge zur Geschichte der Technik und zur Kultur- und Geistesgeschichte finden, wie etwa die kurze Biographie des Mechanikers Georg Friedrich Brander.

Daß auch der neue Band der Beiträge unentbehrlich ist für jeden, der selbst aktiv an der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik mitarbeitet, ist selbstverständlich. Für alle diejenigen, die unbeschwert von fachhistorischer Arbeit sich der Freude am Lesen hingeben können, wüßte ich für besinnliche Stunden wenige Bücher dieses Jahres zu nennen, in denen so gut und anregend zu lesen ist, wie in dem neuen Bande der Beiträge. Möge er auch außerhalb des Kreises der Ingenieure, möge er gerade bei den Gebildeten unter den Verächtern der Technik recht viele aufmerksame Leser finden.

Außer den im Text bereits genannten enthält der 18. Band der Beiträge nach folgende Aufsätze:

Die Entwicklung der Elektrizitätsverwendung im Bergbau. Von Professor Dr.-Ing. E. h. Wilhelm Philippi, Berlin.

Wirtschaftliche Fertigung vor 400 Jahren. Von Dipl.-Ing. Ernst Marx, Weimar.

Beiträge zur Geschichte des Geschützwesens. I. Zur Geschichte der Geschützfabrikation. II. Herzog Julius von Braunschweig und seine Riesengeschütze. Bearb. von Dr. phil. Otto Johannsen, Völklingen (Saar).

Die ersten Versuche einer Dampfschiffahrt auf der Donau von Maria Theresiens Zeiten bis zur Gründung der ersten Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft 1779 bis 1829. Von Ingenieur Erich Kurzel-Runtscheiner, Wien.

Die Anfänge der Dampfschiffahrt auf der Donau. Von Dr. Karl Winiewicz, Wien.

Joseph von Baader (1763 bis 1835). Von Dr. Johannes Sauter, Wien.

Der Werdegang der Feuerwehrleiter. Von Oberregierungsrat Wilhelm Heinrichs, Berlin-Grünau.

Das Dreschen einst und jetzt. Von Paul Löwe, Hainichen i. S.

Aus der Vorgeschichte der Berliner Technischen Hochschule. Von W. B. Niemann, Berlin-Charlottenburg.

Hamburg [N 2278] Hans Schimank

Straßenbau und Verkehr

Die dritte Straßenbautagung, die anläßlich der Leipziger Herbstmesse vom 29. bis 31. August 1928 unter Leitung von Prof. Brix, Berlin, stattfand, war den verkehrstechnischen und künstlerischen Aufgaben gewidmet, die beim Bau von Stadt- und Landstraßen zu berücksichtigen sind[1]).

Während Dr.-Ing. Rank, Hamburg, die ästhetisch-künstlerischen Gesichtspunkte behandelte, denen bei der Planung von Verkehrsstraßen und der dazu gehörigen Brücken Rechnung getragen werden muß, erörterte Prof. Geißler, Dresden, in seinem Vortrag

Bauten und Anlagen im Straßenbau

die verkehrstechnischen Aufgaben, die insbesondere beim Entwurf von Kraftwagenstraßen zu beachten sind. An der Hand zahlreicher Beispiele ausgeführter Anlagen des sächsischen Straßennetzes zeigte Prof. Geißler, wie wichtig im Landstraßenbau vor allem die richtige Führung von Umgehungsstraßen ist. Für Straßenkreuzungen forderte er, daß stets ein Weg unter dem andern hindurchführen solle. Die Kreuzung im rechten Winkel ist nicht besonders günstig, da sie unübersichtlich ist. Beim Übergang von einer der sich kreuzenden Straßen zur andern müssen Rampen in Schleifenform so ausgebildet werden, daß kein Weg den andern überschneidet, d. h. alle Abzweigungen müssen, in Fahrtrichtung gesehen, stets nach rechts gehen oder von rechts kommen[2]).

Auf städtischen Straßen hält Prof. Geißler die Verlegung der Straßenbahngleise auf einen besondern Bahnkörper in der Mitte des Fahrdammes für besonders günstig, da hierdurch die beiden Richtungen des übrigen Fahrverkehrs auf verhältnismäßig einfache Weise voneinander getrennt sind. In Millionenstädten wie Berlin oder Hamburg wird außerdem nach Ansicht von Prof. Geißler eine Gliederung der Straße in übereinanderliegende Geschosse mit Trennung der einzelnen Verkehrsmittel auf die Dauer kaum zu umgehen sein. Auf großen Plätzen führt man am besten einen vollständigen Kreisverkehr mit tangential nach außen führenden Abzweigungen durch, wie es bei der Umgestaltung des Alexanderplatzes in Berlin in Aussicht genommen ist.

In einem kürzeren Vortrag behandelte sodann Min.-Rat Vilbig, München, die verkehrstechnischen und ästhetischen Gesichtspunkte, nach denen man in Bayern veraltete Straßenbrücken umgebaut hat, und anschließend berichtete Dr.-Ing. Speck, Dresden, über die im letzten Jahre von der sächsischen Straßenbauverwaltung verwirklichten Straßenbaupläne.

Eine zweite Vortragsreihe, die im Rahmen der Baumesse stattfand, war der

Verwendung von Maschinen

in drei verschiedenen Zweigen des Bauingenieurwesens gewidmet. Über die im Straßenbau verwendeten Maschinen gab Prof. Dr. Garbotz, Berlin, eine erschöpfende Übersicht[3]). Besonders lehrreich war ein Film über amerikanische Betonstraßen.

Die maschinellen Einrichtungen für die Herstellung und das Fördern von Beton auf Großbaustellen des Tiefbaugewerbes behandelte Dr. Walch, Berlin. Er berücksichtigte dabei insbesondere die Einrichtungen für den Bau des Großkraftwerkes am Shannon in Irland[4]) und besprach u. a. auch die neueste Entwicklung der Betongießanlagen, unter besonderem Hinweis auf die noch im Bau befindlichen großen Schweizer Talsperrenbauten[5]).

Auf den beachtenswerten Vortrag von Dipl.-Ing. Rode, Berlin, über Geräte und Maschinen beim Fördern und Mischen der Baustoffe im Hochbau soll demnächst noch besonders eingegangen werden. Der Vortragende zeigte an praktischen Beispielen aus dem Häuserbau, wie sich auch bei den hier üblichen verhältnismäßig primitiven Fördermitteln eine Verbesserung der Geräte und damit eine Verbilligung des Betriebes erreichen läßt.

Berlin [N 2341] H. Seidel

[1]) Vergl. a. VDI-Nachrichten Nr. 36 vom 5. September 1928

[2]) Der restlosen Durchführung dieses Gedankens stehen allerdings die hohen Kosten solcher Anlagen mit ihren Rampen und Schleifen entgegen.

[3]) Vergl. a. Garbotz, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 19 S. 621.

[4]) Vergl. a. Enzweiler, Z. Bd. 72 (1928) Nr. 42 S. 1441.

[5]) Über die Kabelkrananlage mit Betongießvorrichtung, die beim Bau der Grimseltalsperre benutzt wird, wird Prof. Dr.-Ing. Rubin, Danzig, demnächst in dieser Zeitschrift ausführlich berichten.

RUNDSCHAU

Hauswirtschaft

Fließarbeit im Küchenbetrieb von Gasthäusern

Im Neubau des Kempinski-Hauses „Vaterland“ in Berlin, las außer einem Lichtspieltheater mit 1400 Sitzplätzen ıoch mehrere in verschiedenen Stockwerken gelegene Speiseäle für etwa 7000 Personen enthält, sind zur Bewältigung les inneren betrieblichen Verkehrs einige bemerkenswerte echnische Neuerungen verwendet worden, die einen wesentich einfacheren und schnelleren Geschirrumlauf bis zur Wiederverwendung ermöglichen und den Geschirrbruch vernindern sollen. Aus dem Aufbau des Hauses ergab sich die Notwendigkeit, die Geschirrmengen aus sämtlichen Stockwerken zu einer räumlich entfernt im Dachgeschoß liegenlen gemeinsamen Abwaschanlage zu befördern und mögichst in jedem Speiseraum in den verschiedenen Stockwerken eine Aufladestelle einzurichten, wodurch den Kellnern weite Wege auf den Gängen und Treppen erspart werden. Ferner mußte auch dieser Betriebsvorgang dem Anblick der Gäste aus ästhetischen Gründen entzogen werden. Besonlerer Wert war daneben auch auf den reibungslosen und störungsfreien Umlauf des Geschirrs von der Hauptküche zu den Einzelküchen, zu den Speiseräumen und zurück zur Hauptküche zu legen.

Geschirraufzug

In diesem Kreislauf dient zum Aufwärtsbringen des benutzten Geschirrs von den Speiseräumen zur Abwaschanlage ein Paternosteraufzug, Abb. 1 bis 4, der nicht wie üblich aus einzelnen Kabinen, sondern aus zwei endlosen umlaufenden Rollwänden besteht. An den Wänden sind in

RZ1960Z1

Abb. 1
Teil des Paternosteraufzuges im Obergeschoß.
Die Geschirrbretter werden durch einen umlaufenden Arm von den Aufsetzleisten des Aufzuges auf die Bandfördereinrichtung geschoben.

Küchenboden
Einsatzöffnung an jedem Stockwerk
Schnitt A-B
4,30
3,85
3,95
16,60
1320
800

RZ 1960 Z 2÷4

Abb. 2 bis **4**
Rahmen und Antrieb des Paternosteraufzuges.

a Antriebmotor (5 PS)
b Schneckengetriebe
b_1 Antriebwellen und Zahnräder für die Rollwände
c Exzenterscheibe für die Bewegung des anschließenden Förderbandteils
d Ausstoßer
e pendelnder Förderbandteil
f Antriebrad für den Ausstoßer
g untere Umführung der Rollwände
h Einstoßöffnung
i Führung für die Rollwände
k Geschirrbrett auf den Rasten der Rollwände

Abb. 5 und 6
Bandförder- und Waschanlage im Küchengeschoß.
a Paternosteraufzug
b Ausstoßer
c Pendelteil der Bandförderanlage
d Geschirrförderband
e Verteiltische
f Trockentisch
g Waschmaschine
h Absetztisch
i Kastenaufzüge

Abständen von etwa 50 cm Leisten angebracht, auf die die Geschirrbretter von 40 × 50 cm² Größe mit Geschirr gestellt werden. Die Wände laufen in Führungen an einem Gestell aus Profileisen, so daß sie sich nicht seitlich verschieben können. Der Schacht, der den ganzen Aufzug enthält, ist 1,30 × 0,8 m² weit und hat in jedem Stockwerk Öffnungen, die durch senkrechte Schiebetüren geschlossen werden. Der eine Aufzug ist 12 m hoch und führt durch vier Stockwerke, der andre ist 21 m hoch und führt durch sechs Stockwerke. Die Aufzüge sind von Samuel Olson & Co., Chikago, entworfen[1]) und von der Firma Böttcher & Wolfram G. m. b. H., Berlin, gebaut worden.

Die mit Geschirr beladenen Bretter werden in dem Aufzug hoch geführt, bis sie in Küchenhöhe durch einen umlaufenden Hebelarm auf ein laufendes Band, Abb. 5 und 6, übergeführt werden können, dessen nach dem Aufzugschacht liegende Seite mit dem Paternosteraufzug in gleicher Geschwindigkeit eine bestimmte Strecke nach oben pendelt. Infolge dieses Gleichlaufs ist eine stoßfreie Überleitung der Geschirrbretter vom Aufzug auf das Band gewährleistet.

Das ganze Paternosterwerk wird durch einen 5 PS-Motor angetrieben, dessen Umlaufzahl von 850 U/min zunächst durch ein Schneckengetriebe mit 34 : 1 auf 25 U/min herabgesetzt wird. Von der Achse des Schneckenrades überträgt eine Kette die Antriebkraft auf eine lange Hauptwelle. Von dieser aus treiben zwei Kegelradgetriebe die Zahnräder an, über die die Zahnketten der Rollwände laufen. Auf diesen Wellen sitzen auch die Exzenterscheiben, die unter Zwischenschaltung eines Hubbalkens, der wagerecht in Führungen läuft, und eines Hängebügels das Pendelwerk der anschließenden Bandfördereinrichtung betätigen. Ferner geht von der Hauptwelle der Kettenantrieb zu dem armförmig gebogenen umlaufenden Profileisenstab, der die Tabletts aus dem Aufzug auf das Förderband schiebt. Schließlich wird von der Achse des Ausstoßers der Antrieb für das Förderband im Pendelstück abgenommen und durch Stirnräder und Ketten übertragen. Auf der Sohle des Schachts werden die Rollwände nur umgeführt.

Der ganze Aufzug und die Bandfördereinrichtung werden durch Druckknopfsteuerung von der Küche aus in Gang gesetzt, können aber von jedem Stockwerk aus stillgesetzt werden. In den Stockwerköffnungen sind ferner Sicherheitsvorrichtungen eingebaut, die den Aufzug stillsetzen, wenn ein Geschirrbrett nicht ganz in den Aufzug hineingeschoben ist oder der Kellner seine Hand nicht rechtzeitig fortnimmt.

Auf der anschließenden Förderanlage, die durch einen besonderen Motor angetrieben wird, laufen die Tabletts in einem Gefälle von 1 : 6 abwärts. An der Endstelle entnimmt das Küchenpersonal die Tabletts mit dem Geschirr, das den Abwaschmaschinen zugeführt wird, s. Abb. 5 und 6. Die Bretter gelangen auf dem unteren Trumm des Bandes zu einem Aufzugschacht zurück und werden dort dauernd zur laufenden Wiederverwendung den einzelnen Stellen zugeleitet.

Auf derselben Anlage ist dann in umgekehrter Richtung die Beförderung der Speisen von der Küche nach den einzelnen Speiseräumen möglich. Die Laufzeit ist dabei so kurz, daß die Speisen noch warm in den jeweils durch Hebeleinstellung zu wählenden Speiseräumen ankommen.

¹) DRP Nr. 403314 und Auslandpatente.

Abwaschanlage

Das Geschirr wird in der Küche mit einer Waschmaschine, Abb. 7 und 8, selbsttätig gewaschen, gespült und sterilisiert. Diese Waschmaschine, die von der Colt's Patent Fire Arms Manufacturing Co., Hartford, Conn., U. S. A., geliefert und von der Mitteldeutschen Apparate- und Maschinen-Vertriebs-G. m. b. H., Charlottenburg, aufgestellt worden ist, arbeitet mit einem 55 cm breiten endlosen Band aus Messinggliedern mit Bronzebolzen und Phenolitpolstern, auf dem das Geschirr zwischen Duschen hindurchgezogen wird. Das benutzte Geschirr wird auf der einen Seite in die 2,5 m lange Maschine auf das Band gestellt; von oben und unten spritzen dann zunächst Strahlen warmen Wassers von ungefähr 45 bis 50 ° Temperatur die Unreinlichkeiten ab. Das benutzte Wasser fließt durch ein feinmaschiges Sieb in einen Behälter zurück. Aus einem zweiten Behälter wird heißes Wasser von 65 bis 70 ° durch ein zweites Strahlrohrpaar nach dem Waschraum gedrückt. Mit diesem Wasser wird das Geschirr gespült und schließlich durch Heißwasserstrahlen von 90 ° sterilisiert. Das Wasser zum Sterilisieren wird der Frischwasserleitung entnommen. Die Behälter, in die das benutzte Spülwasser zurückfließt, werden bei Inbetriebnahme der Maschine mit heißem Wasser gefüllt. Ist die Maschine in Betrieb, so fließt das zum Sterilisieren benutzte Wasser den beiden Warmwasserbehältern zu und hält in diesem die Temperatur gleich. Aus den Behältern wird das Wasser mit einer Schleuderpumpe durch ein Trommelfilter hindurch-

Abb. 7
Selbsttätige Abwaschanlage mit zwei Brausen für Geschirr aller Art; Behälterseite.

Abb. 8
Pumpenseite der Abwaschanlage.
a Antriebmotor (2 PS) *b* Pumpe (600 l/h) c_1 bis c_3 Zuführungsleitungen zu den Duschröhren *d* Bandantrieb *e* Fußschalter

gesogen, in dem auch die kleinsten Unreinlichkeiten zurückgehalten werden. Das laufende Band bewegt sich mit 4,5 m/min Geschwindigkeit.

Die Maschine wird von zwei Mann bedient und wäscht sämtliches Geschirr wie Teller, Tassen, Gläser, Kannen, Silber, Platten, Kristall und Bestecke in bunter Reihenfolge durcheinander. Letztere werden zu je 100 Stück, und zwar Messer für sich, Löffel und Gabeln zusammen, in Raffen gelegt und laufen so durch die Maschine.

[M 1960] Is.

Bergbau

Versuch zur Klärung der Vorgänge bei der Schwimmaufbereitung

Trotz der weitgehenden Fortschritte der Schwimmaufbereitungspraxis fehlt es bisher noch immer an einer befriedigenden theoretischen Erklärung der bei dem Verfahren auftretenden Vorgänge. Während Vageler und Callow der elektrischen Ladung der Teilchen den Hauptwert beimessen, wird von Traube und andern Forschern das Hauptgewicht auf die Wirkung der Oberflächenkräfte und der Adsorption[1]) gelegt, ohne hierbei jedoch die elektrostatischen Vorgänge in der Trübe ganz außer acht zu lassen. Ein neuer Erklärungsversuch von Bruchhold[2]) legt den osmotischen und den Lösungsdruck als hauptsächlich wirkende Kräfte zu Grunde.

Bruchhold geht dabei von den Claudius-Arrheniusschen Ansichten über die Elektrolyse aus, nach denen die Moleküle eines in einer Flüssigkeit gelösten Salzes um so mehr in seine Ionen mit entgegengesetzten Ladungen zerfallen, je verdünnter die Lösung ist. Diese dissoziierten Ionen verhalten sich in vieler Beziehung wie die ursprüngliche Masse im Gaszustande; sie suchen sich also, bedingt durch den osmotischen Druck, in der Flüssigkeit immer mehr zu verteilen. Das Auflösen eines Salzes in einer Flüssigkeit kann nur vor sich gehen unter der Annahme eines Lösungsdruckes, der die einzelnen Teilchen vom Hauptkörper abtrennt und sie, dem osmotischen Druck entgegen, in das Lösungsmittel hineinpreßt. Der Lösungsvorgang wird also so lange anhalten, bis Gleichgewicht zwischen dem osmotischen und dem Lösungsdruck hergestellt und die Lösung gesättigt ist.

Bei der Schwimmaufbereitung von Erzen werden nun die bis auf etwa 0,1 mm zerkleinerten kristallinen Mineralteilchen in eine gewöhnlich schwach alkalische Trübe gebracht. Die Erzteilchen sind, da im allgemeinen der von der Zusammensetzung des Erzes abhängige Lösungsdruck größer als der osmotische Druck der Trübe ist, bestrebt, sich aufzulösen und spalten daher elektrisch geladene Ionen in die Trübe ab. Naturgemäß müssen sich die Ionen, damit der Restkörper neutral bleibt, in gleichwertigen Mengen absondern und sich in unmittelbarer Nähe des Mineralkornes aufhalten. In der Trübe können nun bei dem Aufsteigen der zahlreichen kleinen Luftbläschen, die das haltige Erz mit in den Schaum an der Oberfläche der Trübe nehmen sollen, folgende Bedingungen herrschen:

1. Gleichgewicht zwischen osmotischem und Lösungsdruck
2. Lösungsdruck größer als osmotischer Druck, lebhafte Dissoziation.
3. Überwiegen des osmotischen Druckes, Ionenrückfällung.

Im ersten Falle werden die stets schwach positiv geladenen Luftblasen negativ geladene Ionen anziehen und sie auf dem einhüllenden, isolierend wirkenden Ölhäutchen festhalten. Durch die Anziehung der Ionen an die Luftblasen, deren Oberfläche sich hierdurch elektronegativ auflädt, wird die Zahl der dissoziierten Ionen in der Nähe des Mineralkornes plötzlich vermindert, und damit erlangt der osmotische Druck das Übergewicht, so daß die restlichen positiv geladenen Ionen auf das Mineralkörnchen zurückfallen und dieses damit ebenfalls positiv laden. In dem so entstandenen elektrischen Felde ziehen sich die negative Schaumblase und das positive Erzteilchen an; dieses bleibt an der Schaumblase hängen, die es mit an die Oberfläche der Trübe nimmt. Beim Überwiegen des Lösungsdruckes über den osmotischen Druck reicht die Herabsetzung der Ionenzahl beim Anziehen von abgespaltenen Ionen durch die Luftblasen nicht aus, um dem osmotischen Druck sofort zum Übergewicht zu verhelfen. Das Mineral ist daher schlechter schwimmfähig als im ersten Fall. Im dritten Fall, also bei bereits eingetretener Rückfällung von Ionen, ist eine Anziehung natürlich unmöglich; das Mineral ist schwimmunfähig und sinkt in der Trübe unter. Je mehr also der Lösungsdruck eines Sulfidteilchens den osmotischen Druck der Trübe übersteigert, desto weniger schwimmfähig ist das Erz. Man kann daher durch Veränderung des osmotischen Druckes der Trübe mittels zugefügter Reagentien die Schwimmfähigkeit eines Erzes beschleunigen oder verzögern (auswählendes Verfahren).

Bei einem Mineral mit hohem Lösungsdruck ist für die Anziehung der Erzteilchen durch die Luftblasen eine längere Zeit notwendig. Beim schnellen Strömen der Trübe durch das Schwimmgerät, wobei sie sich im Mittel mit 100 bis 150 mm/s weiterbewegt, muß die Trübe erst in eine andre Zone mitgenommen werden, in der erneute Dissoziation vor sich gehen kann. Bei der auswählenden Schwimmaufbereitung komplexer Erze erreicht man daher durch Überlastung des Grobflotators — wie dies in der Praxis auch allgemein durchgeführt wird — ein Herausschwimmen nur der Mineralkomponente, bei der sich osmotischer und Lösungsdruck die Waage halten, während das Sulfid mit hohem Lösungsdruck nicht ausschwimmt[3]).

Da bei der Dissoziation immer nur gleichwertige Mengen positiver und negativer Ionen abgespalten werden, bestimmt bei den Sulfiderzen der Lösungsdruck der positiven Ionen der im Sulfid enthaltenen Metalle die Schwimmfähigkeit; denn der Lösungsdruck der negativen Ionen ist immer gleich, nämlich der des Schwefels. Da der Lösungsdruck des Kupfers mit dem osmotischen Druck einer schwach alkalischen Trübe fast übereinstimmt, schwimmt Kupferglanz leicht, ebenso auch Bleiglanz wegen seines niedrigen Lösungsdruckes. Bei den Oxyden ist der Sauerstoff als elektronegativer Bestandteil ein gasförmiges Element ohne Lösungsdruck. Bei der Dissoziation entweicht die Hauptmenge der losgelösten Sauerstoffionen gasförmig und nur ein sehr geringer Teil wird von den Luftblasen angezogen. Diese werden also nur sehr schwach aufgeladen und können die oxydischen Teilchen nicht oder nur dann anziehen, wenn der Trübestrom sehr langsam durch das Schwimmgerät fließt. Durch Sulfidieren dieser und der karbonatischen Erze kann man in gewissen Grenzen den Lösungsdruck und damit auch die Schwimmfähigkeit derartiger Erze erhöhen.

Ein zweites Hilfsmittel zur Erzielung zufriedenstellender Ergebnisse bei der auswählenden Schwimmaufbereitung besteht in der Änderung des osmotischen Druckes der Trübe, die entweder durch Veränderung des Verdünnungsverhältnisses der Trübe (Veränderung des Dissoziationsgrades des betreffenden Elektrolyten) erreicht werden kann oder durch Zusatz eines schwach dissoziierenden Salzes zu einer alkalischen Trübe, deren Base ein hoch dissoziierter Elektrolyt ist. Im zweiten Falle vermindert sich der resultiernde Dissoziationsgrad und damit der osmotische Druck derart, daß Sulfide mit hohem Lösungsdruck nicht mehr aufschwimmen können; umgekehrt steigt durch Zufügen von Salzen mit hohem Dissoziationsgrad der osmotische Druck. Auch die neuzeitlichen Reagenzien, wie Xanthat, Thiocarbanilid und Orthotoluidin, dissoziieren sehr wenig. Sie bewirken daher in alkalischer Trübe eine Herabsetzung des Lösungsdruckes der Trübe, verhindern daher das Aufschwimmen von Blende und Kies. Als praktische Folgerung aus seiner Theorie stellt Bruchhold den Grundsatz auf, daß als unterdrückende Reagenzien Salze mit niedrigem Dissoziationsgrad in Frage kommen, die Verbindungen schwacher Säuren mit starken Basen sind. Als belebende Reagenzien kann man dagegen Salze nehmen, die aus der Einwirkung starker Säuren auf Metalle in den höheren Oxydationsstufen hervorgehen und daher einen verhältnismäßig hohen Dissoziationsgrad haben.

Den Erklärungen Bruchholds für die Schwimmfähigkeit der Steinkohle dürfte man jedoch kaum folgen können, da man die Kohle nicht einfach als reinen Kohlenstoff an-

[1]) Kolloid-Zeitschrift Bd. 44 (1928) S. 296.
[2]) „Metall und Erz" Bd. 25 (1928) Nr. 23 S. 610.
[3]) Engg. Mining Journal, Bd. 118 (1924), S. 445.

sehen kann und das Kohlenmolekül — insbesondere bei frisch geförderter Kohle — mehr oder weniger große Mengen an Gasen (CH_4, O_2, CO_2) adsorbiert hat. Es müssen sich also zwangläufig andre Erscheinungen als beim reinen Kohlenstoff ergeben. [N 1603]

Berlin Prockat

Anstrichtechnik

Schutz von Beton durch Anstrich[1])

Der Schutz des Betons vor der Einwirkung angreifender Wässer ist mit der steigenden Verwendung dieses Baustoffes in den letzten Jahrzehnten von immer größerer Bedeutung geworden. Beton, der erhebliche Mengen von Kalk enthält, wird durch freie Säuren und auch durch viele Salze und andre chemische Verbindungen, die in der Natur und besonders in chemischen Fabriken vorkommen, zerstört. Als besonders schädlich haben sich von den Säuren die Schwefelsäure, von den Salzen die Sulfate, die Ammonium- und Magnesium-Salze, von andern chemischen Verbindungen die fetten Öle erwiesen. Die Zerstörungsweise ist verschieden, je nach der Art der einwirkenden Lösungen. Die meisten Säuren lösen den Beton auf, Sulfate zertreiben den Beton, während fette Öle den Beton erweichen.

Der Schutz des Betons gegen die angreifenden Einwirkungen kann in ganz verschiedener Weise vorgenommen werden. Von allergrößter Wichtigkeit ist zunächst ein zweckmäßiger Aufbau des Betons. Die Zuschläge, die in der Hauptsache das Gefüge des Betons bestimmen, muß man im richtigen Korngrößenverhältnis wählen, damit ein dichter Beton entsteht. Ebenso wichtig ist die richtige Verarbeitungsweise, d. h. die Herstellung des Betons unter genügender Stampfwirkung oder mit genügendem Wasserzusatz, wobei allzuhoher Wasserzusatz zu vermeiden ist. Zweckmäßig ist eine weitere Dichtung des Betons durch Zusatz genügend feiner Anteile, also z. B. durch Traßzusatz, der den freien Kalk des Portlandzementes bindet. Tiefkalkige Zemente soll man bei Sulfatlösungen verwenden, da die tiefkalkigen Zemente, also z. B. Hochofenzement oder Tonerdezement, Treiberscheinungen gegenüber widerstandfähiger sind als hochkalkige Zemente.

Die zweckmäßige Gestaltung des Betons ist gleichfalls wichtig. Die schädlichen Einwirkungen muß man möglichst vom Beton durch Anbringen von Tropfnasen und Deckplatten, durch Vermeiden von Kanten und Winkeln, in denen sich die Flüssigkeiten ansammeln können, fernhalten. Auch das Vermeiden von Stauung und Überdruck ist wichtig, da Beton besonders schnell zerstört wird, wenn die Flüssigkeit durch ihn hindurchgepreßt wird.

In steigendem Maße hat man in neuerer Zeit Ummantelungen des Betons eingeführt, um von ihm die Flüssigkeiten überhaupt fernzuhalten. Zu den Ummantelungen gehören die Plattenverkleidungen, die Klinkerummantelung, die Bitumendichtung und der Schutzanstrich. Die Plattenverkleidung, und zwar mittels Glasplatten, wird schon seit vielen Jahren bei Behältern zum Aufnehmen von Wein oder dergl. angewendet. Aber auch Fußböden oder Kanäle wurden schon häufig mit Platten verkleidet. Diese Bauweise ist gut, wenn dafür gesorgt wird, daß die Fugen genügend dicht sind. Werden die Fugen falsch ausgebildet, so bewährt sich die Plattenverkleidung nicht, da hinter den Platten sich die Zerstörung verbreiten kann, ohne daß sie sichtbar wird.

Für die Klinkerverkleidung gilt im allgemeinen das gleiche wie für die Plattenverkleidung. In der letzten Zeit haben verschiedene mit Klinker ummantelte Bauwerke starke Zerstörungserscheinungen gezeigt, da der Mörtel nicht an den Klinkern haftete, so daß dann die Flüssigkeit hinter die Klinkerummantelung gepreßt und dadurch der Beton zerstört wurde.

Von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit sind auch die Bitumendichtungen, die dadurch hergestellt werden, daß man den Beton mit einer mehrfachen Lage von Bitumenpappe, die an den Rändern verklebt ist, überzieht. Eine solche Bitumendichtung schützt, falls sie gut ausgeführt ist, den Beton vollkommen. Besonders wirksam sind solche Dichtungen, die Bleieinlagen enthalten, da sie in absehbarer Zeit nicht zerstört werden können; allerdings sind solche Dichtungen sehr teuer.

Ein billiges Mittel, um den Beton zu schützen, sind die Anstriche, die in der Hauptsache aus geeignet abgestuften Bitumenarten bestehen, die in Solvent-Naphtha und dergl. gelöst sind. Nach dem Aufstreichen verdunstet das Lösungsmittel und hinterläßt auf der Betonoberfläche eine schützende Bitumenhaut.

Da die Bitumenanstriche unter allen möglichen Namen in sehr verschiedener Güte auf den Markt gebracht werden, habe ich ein Verfahren ausgearbeitet, um die Schutzanstriche zu normen und zu prüfen. Diese Normen sind wie folgt eingeteilt:

1) Begriffserklärung. Die Begriffserklärung besagt, wie die Anstriche hergestellt werden.

2) Das spezifische Gewicht ist für die Beurteilung der Ausgiebigkeit der Anstriche wichtig.

3) Streichfähigkeit und Ausgiebigkeit. Die Streichfähigkeit und Ausgiebigkeit sind für die Verarbeitung ausschlaggebend. Eine zu große Ausgiebigkeit ist keineswegs erwünscht, da allzu dünnflüssige Anstriche keine dichte Schutzhaut ergeben.

4) Zähflüssigkeit. Die Zähflüssigkeit ist für die Deckkraft und die Verarbeitungsfähigkeit der Anstriche maßgebend. Allzu zähflüssige Anstriche lassen sich schwer verarbeiten und haften nicht auf der Unterlage, während zu dünnflüssige Anstriche ablaufen.

5) Trocknungsvermögen. Das Trocknungsvermögen ist wichtig für den Fortschritt der Bauarbeiten. Anstriche, die länger als 12 h zum Trocknen brauchen, sind zu verwerfen.

6) Deckkraft und Aussehen. Vom Aussehen der Anstriche muß verlangt werden, daß sie auf glatter Unterlage ohne Korn auftrocknen. Ob sie hierbei matt oder glänzend sind, ist im allgemeinen gleichgültig.

7) Deckvermögen. Das Deckvermögen wird durch Aufstreichen auf ein Normen-Drahtnetz geprüft. Der Anstrich muß das Drahtnetz vollkommen decken, also die Poren verstopfen, wie es von dem Anstrich bei Verarbeitung in der Praxis dem Beton gegenüber verlangt wird.

8) Festigkeit und Haftvermögen. Die Festigkeit wird durch die Ritzprobe bei einem auf Glas aufgestrichenen Anstrich, der mit einer Normennadel geritzt wird, geprüft. Bei Betrachtung unter starker Vergrößerung muß der geritzte Anstrich verhältnismäßig scharfe Ränder haben. Er darf nicht wie durch Einwirkung eines Pfluges nach beiden Seiten aufgeworfen sein.

9) Elastizität. Die Elastizität wird geprüft auf Blechen bestimmter Dicke, die über Drahtstifte bestimmten Durchmessers gebogen werden. Der Anstrich darf nicht abspringen, auch dann nicht, wenn er auf — 8 ° unterkühlt ist.

10) Dichtigkeit. Die Dichtigkeit wird mit Betonplatten geprüft, die mit dem Anstrich bestrichen werden und dann auf Wasserdichtigkeit bei verschiedenen Drücken untersucht werden.

11) Verhalten gegen physikalische Einflüsse. Unter physikalischen Einflüssen sind zu verstehen Kälte und Hitze, Wasserdampf und dergl. Die Anstriche müssen den in den Normen beschriebenen Beanspruchungen im allgemeinen widerstehen. Der Grad des Widerstandes gibt ein Maß für die Güte des Anstriches.

12) Verhalten gegen chemische Einflüsse. Hier sind Säureeinwirkung und vor allen Dingen Ozoneinwirkung, die wichtig ist für die Alterung des Anstriches, in Betracht gezogen.

Bei der Prüfung einer großen Reihe von Anstrichen aus der Praxis habe ich festgestellt, daß nur verhältnismäßig wenige Anstriche den Anforderungen der Normen genügten. Seit Veröffentlichung dieser Normen ist allerdings schon eine Verbesserung der auf den Markt kommenden Anstriche eingetreten; es ist zu hoffen, daß nach Einführung der Normen durch den Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik die einzelnen Anstriche weiter verbessert werden und der Verbraucher auf Grund der Normen die Anstriche selbst prüfen kann.

Das Aufbringen[2]) der Anstriche ist von der gleichen Wichtigkeit wie ihre richtige Herstellung. Häufig trägt man die Anstriche auf noch nicht trockenen oder schmutzigen Beton auf. Die Verarbeitung des Anstriches auf der Baustelle ist ebenso wichtig wie die von Zement oder Farbe. Mit aufgespritzten Anstrichen hat man gute Erfolge erreicht. Hierbei muß aber in vorsichtiger Weise verfahren werden, damit nicht Unglücksfälle durch Explosionen entstehen. Bei einem solchen Unglück sind kürzlich mehrere Arbeiter durch die Entzündung der in einem Heißwasserbehälter angesammelten Dämpfe während des Aufspritzens getötet worden. [N 2147]

Düsseldorf Dr. R. Grün

[1]) Auszug aus einem Vortrag während des Sprechabends des Fachausschusses für Anstrichtechnik im Verein deutscher Ingenieure, Frankfurt a. M., 14. September 1928.

[2]) „Tonindustrie" Bd. 52 (1928) Nr. 41 S. 824.

Kleine Mitteilungen

Spitzenlast und Speicherung

A. G. Christie kommt in einer Untersuchung über das wirtschaftlichste Verfahren zur Aufnahme von Lastspitzen in Dampfkraftwerken zu folgenden Ergebnissen: Bei Werken mit steiler Jahres-Lastspitze, z. B. in Städten mit großem Lichtstrombedarf, verlieren Dampfspeicher ihren Vorteil, wenn die Grundlinie der Spitze über vier Stunden beträgt. Anderseits sind kleinere Spitzenlastgruppen weniger wirtschaftlich als Speicheranlagen. Die bessere Anpaßfähigkeit der Spitzenmaschinen an unerwartet auftretende Lasten von längerer Dauer, z. B. an dunklen Tagen, kann man durch Verwendung von Speicherturbinen, die Dampf von verschiedenen Spannungen verarbeiten, ausgleichen. Dampfspeicher und Spitzenlastgruppen liefern die größte Ersparnis, wenn sie mit neuzeitlich eingerichteten Grundlastwerken zusammenarbeiten, während man erwartet hatte, daß Speicher gerade bei veralteten Anlagen große Vorteile ergeben. Für Werke mit kleinem Lastfaktor sind Dampfspeicher Spitzengruppen vorzuziehen. In Anlagen, die ganz oder z. T. alte Kessel haben, ist Speicherung um so vorteilhafter, je billiger die Kohle ist. („Mechanical Engineering“ Dezember 1928 S. 914*). [N 2358 a] Le.

Elektrische Heizung von Walzen

Beim Auswalzen von Feinblechen aus Stürzen werden die Walzen in der Mitte wärmer, da die Hauptarbeit an dieser Stelle geleistet wird. Wird das Vor- und Herunterwalzen auf besonderen Gerüsten ausgeführt, so müssen die Fertigwalzen unter allen Umständen vorgewärmt werden, ehe das Walzen beginnen kann. Bisher erwärmte man die Walzen von der Oberfläche aus, was große Temperaturunterschiede zwischen Oberfläche und Walzeninnerem ergab. Die von Younghusband entwickelte und von der English Electric Co., London, ausgeführte elektrische Walzenheizung besteht aus hochkant gebogenen Kupferstreifen, die unten durch biegsame Leitungen verbunden sind. Diese um die Walze gelegten Leiter wirken durch Induktion elektrischer Ströme. Die Walzen wurden beim Erwärmen mit Asbest umkleidet, um Wärmeverluste durch Strahlung zu vermeiden und die Vorrichtung gegen die Wärme der Walzen zu schützen. Die Vorrichtung bleibt verhältnismäßig kalt, da die Wärme nicht übertragen wird. Jeder Walzenwärmer braucht, um rd. 1070 mm lange Walzen von 760 mm Dmr. in 12 h auf 300 ° C zu erwärmen, 600 bis 720 kWh. („Iron and Coal Trades Review“ 7. Dezember 1928 S. 832.)
[N 2358 b] Ste.

Schwalbenschwanznuten für Magnetpole

Die Metropolitan-Vickers Electrical Company hat in ihrer Forschungsanstalt Versuche über die Schwalbenschwanz-Befestigung von Magnetpolen für elektrische Maschinen durchgeführt. Aus 22,2 mm dicken Stahlblechen hat man die Versuchstücke in wahrer Größe hergestellt und an einem Liniennetz das Fließen des Werkstoffes verfolgt. Nach Ansicht der Anstalt bedingt die rechnerische Behandlung dieser Frage zu viele Vereinfachungen, so daß als Ergebnis nur eine rohe Annäherung zu erwarten ist. Auch die von Rott angegebene Berechnung[1]) soll Schwalbenschwanzformen ergeben, die weit von der günstigsten Form abweichen. Die bisher übliche Form hatte zu weite Nutenöffnungen und ergab zu hohe spezifische Belastungen. Photoelastische Untersuchungen der Lastverteilung ergaben, daß in den Ecken der Schwalbenschwanznut rd. das 2⅔fache der Mittelbelastung auftrat. Daraufhin wurde eine neue Form der Schwalbenschwanznut geschaffen. Auch bei T-Nuten waren die Drücke an den Auflagestellen zu hoch; sie sind außerdem teurer herzustellen. („Engineering“ 7. Dezember 1928 S. 701*.)
[N 2358 c] Pa.

[1]) ETZ Bd. 47 (1926) S. 1478.

Indizieren von Lufthämmern

Um die Arbeitsleistung eines Druckluftwerkzeuges zu bestimmen, nimmt man zwei Linien auf. Die eine zeigt den Weg des Schlagkolbens in Beziehung zur Zeit, $s = f\ (t)$, die andre den zeitlichen Druckverlauf im Zylinder des Hammers $p = f\ (t)$. Durch Elimination der Zeit kann man daraus die Beziehung $p = f\ (s)$ erhalten, woraus man durch Multiplikation mit der Kolbenfläche F die Kolbenkraft P erhält. Die Fläche $P \times s$, die die Schaulinie umschließt, ist die Arbeit des einzelnen Schlages in den gewählten Einheiten.

Um die Schlag-Zeit-Linie aufzunehmen, schraubt man in den Schlagkolben des Hammers eine 3 bis 5 mm dicke Stange, die mit dem vordern Ende die Kolbenbewegung auf eine mit bekannter Geschwindigkeit umlaufende elektrisch angetriebene Trommel aufzeichnet. Die Zeit wird neben der Schlag-Zeit-Linie mittels einer auf 80 Schwingungen in 1 s abgestimmten Stimmgabel auf die Trommel gezeichnet. Während der Versuche ist das Werkzeug fest eingespannt. Anstatt des Meißels wird ein vorn abgeflachtes Eisen eingesetzt, das ebenfalls durchbohrt und gegen ein Widerlager gespannt ist. („Mechanical Engineering“ Dezember 1928 S. 955.) [N 2358 d] Schr.

Viehwagen mit Füttereinrichtung

Zum Versand von Vieh auf weite Strecken hat die Nordamerikanische Wagenvereinigung Wagen in Dienst gestellt, die gestatten, die Tiere während der Fahrt zu füttern und zu tränken. In drei Stockwerken zu beiden Seiten eines durch die Wagenmitte führenden Gangs sind die Tiere — hauptsächlich Schafe — in schmäleren Abteilen untergebracht, die mit Futtertrögen versehen sind. An einem Ende des Wagens befindet sich der Aufenthaltsraum für den Begleiter; Wasserbehälter sind über, Futterkästen unter diesem Raum angeordnet. Abgesehen von der besseren Behandlung und Pflege der Tiere, erzielt man auf großen Entfernungen einen Zeitgewinn, da man nicht wie bisher etwa alle 36 h 12 h zu halten braucht, um die Tiere zwecks Rast und Fütterung umzuladen. („Railway Age“ 24. November 1928 S. 1017*.) [N 2358 e] Ro.

Baustoffe der englischen Luftschiffe

Das Gerippe der beiden neuen englischen Luftschiffe ist aus dreiseitigen prismatische Trägern aufgebaut. Die Hauptlängsträger bestehen ganz aus Rohren aus nichtrostendem Stahl, die Längs- und die Querstäbe sind durch Spritzgußstücke verbunden. Bei den Querspanten sind die Längs- und Querstäbe selbst dreiseitige prismatische Träger, die aus je drei offenen Rohrprofilen mit angenieteten ausgestanzten Stegblechen bestehen. Diese Profile bestehen je nach der Verwendung aus rostfreiem Stahl oder Duralumin, die Stegbleche aus Duralumin. Der rostfreie Stahl enthält 0,16 bis 0,22 vH C, weniger als 0,5 vH Si und 1 vH Ni, 12,5 bis 14 vH Cr und hat 138,6 bis 149,5 kg/mm² Festigkeit. Die Rohre und Profile aus rostfreiem Stahl werden aus ungehärteten Blechstreifen gezogen. Die Ziehbänke sind zum Härten und Anlassen der fertigen Stücke mit elektrisch geheizten Öfen versehen, die am Eintritt genau passende Zieheisen zum Strecken und am Austritt mit Wasser gekühlte Zieheisen tragen. Die Härtetemperatur beträgt 1050 °, die Anlaßtemperatur 420 bis 450 °. Die Wärmebehandlung des Duralumins erfolgt vor dem Bearbeiten. Ferner ist eine Legierung aus 82,6 vH Kadmium und 17,4 vH Zink zum Befestigen der Seile in den Seiltöpfen wegen des niedrigen Schmelzpunktes von 263 ° bei genügender Schubfestigkeit, 11 kg/mm², gewählt worden. Als Baustoff für Luftschiffe hat man in Amerika folgende Sorten von rostfreiem Stahl, die in elektrischen Öfen hergestellt werden, untersucht: a) 0,1 vH C; 0,42 vH Mn; 0,017 vH P; 0,18 vH S; 12,3 vH Cr; 0,19 vH Ni und b) 0,04 vH C; 0,22 vH Mn; 0,017 vH P; 0,016 vH S; 0,33 vH Si; 13,4 vH Cr; 0,13 vH Ni. Diese Stähle kann man schweißen und löten, leicht bearbeiten und pressen. („The Engineer“ 30. November 1928 S. 598 und 7. Dezember 1928 S. 622.)
[N 2358 f] Ls.

Preisausschreiben über eine Brikettverlademaschine

Das vom Deutschen Braunkohlen-Industrie-Verein zusammen mit dem Rheinischen, Mitteldeutschen und Ostelbischen Braunkohlen-Syndikat herausgegebene Preisausschreiben über die Konstruktion einer maschinellen Vorrichtung zum Stapeln von Preßlingen in Eisenbahnwagen[1]), für das die Bewerbungsfrist am 1. Oktober 1928 abgelaufen war, hat folgendes Ergebnis gehabt:

Keine der eingegangenen 72 Bewerbungen gestattet eine wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeit der vorgeschlagenen Lösungen. Aus diesem Grund ist von einer Zuteilung von Preisen Abstand genommen worden. Trotz dieses Ausfalles hat sich jedoch der Prüfungsausschuß in Anerkennung der großen Arbeit, die zum Teil geleistet worden ist, veranlaßt gesehen, einen Teil der zur Verfügung stehenden Summe zur Auszahlung zu bringen, und zwar 2000 ℛℳ für die unter dem Kennwort „Verlade gekühlte Briketts“ eingereichte Bewerbung und 1000 ℛℳ für die unter dem Kennwort „Rationell“ eingereichte Bewerbung. [N 2335]

[1]) Z. Bd. 72 (1928) Nr. 15 S. 494.

BÜCHERSCHAU

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 312: **Untersuchung der von Spritzvergasern gelieferten Zerstäubung.** Von J. Sauter. Berlin 1928, VDI-Verlag. 30 S. m. 72 Abb. u. 2 Zahlentaf. Preis 5,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5 *RM*.

Die im Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München durchgeführten Versuche, vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 44 S. 1572, beruhen auf der Messung der mittleren Tropfengröße des durch die Vergaserdüse zerstäubten Brennstoffes mittels der Schwächung, die ein durch das Gemisch fallender Lichtstrahl erfährt. Bei den Versuchen wurde außerdem die Brennstoffmenge gemessen, die sich auf dem Wege von der Düse bis zur Beobachtungsstelle an der Wand des Saugrohres niederschlägt. Die erlangten Vergleichswerte für die Zerstäubung von Petroleum und von Wasser in Vergasern verschiedener Bauarten bieten einen Anhalt für Vorschläge, um die Zerstäubung schwerer flüssiger Brennstoffe zu verbessern.
[E 2249] H.

An introduction to the metallurgy of Iron and Steel. Von H. M. Boylston. London 1928, Chapman & Hall. 571 S. m. 426 Abb. Preis 25 sh.

Als eine gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens kann man das Buch von Boylston nicht bezeichnen. Es behandelt vorwiegend die amerikanische Eisenindustrie in einer Form, die allen am Eisen und Stahl Interessierten verständlich ist. An den Enden der einzelnen Hauptabschnitte stellt es Angaben aus dem Schrifttum, auch hier besonders das Amerikanische berücksichtigend. Das Buch wird daher von denen mit Vorteil gelesen werden, die sich über die amerikanische Eisenindustrie und ihre technischen und wissenschaftlichen Arbeiten unterrichten wollen.
[E 2207] Gw.

The cleaning of coal. Von W. R. Chapman und R. A. Mott. London 1928, Chapman & Hall, Ltd. 680 S. m. 273 Abb. Preis 42 sh.

Das vorliegende Werk ist ein ausführliches Lehrbuch der Steinkohlenaufbereitung, in dem anfangs nach einer Besprechung über die Verteilung der Asche in der Kohle und ihre Bestimmung durch Röntgenbilder sowie Schwimm- und Sinkanalysen die theoretischen Grundlagen der nassen Steinkohlenaufbereitung eingehend behandelt werden. Die Abschnitte über die bauliche Ausbildung der verschiedenen Geräte für die naßmechanische und die trockene Aufbereitung der Steinkohle setzen sich auch mit den neuesten Geräten auseinander; dies gilt insbesondere für die trockene Steinkohlenaufbereitung. Bei der Kritik der Rheowäschen hätte auch die erhöhte Schlammbildung bei weicher Kohle durch den die Anlage mehrfach durchlaufenden Kohlenanteil mit mittlerem spezifischen Gewicht erwähnt werden müssen. Das Kapitel über Schwimmaufbereitung bringt zuerst sehr beachtenswerte Ausführungen über die verschiedenen Theorien englischer und amerikanischer Forscher; in dem Abschnitt über die Apparatur der Schwimmaufbereitung sind dagegen in der Hauptsache Unterlagen aus dem deutschen Schrifttum benutzt worden. Neben verschiedenen Bauarten von Zellenfiltern werden in dem Kapitel über Entwässerung auch die neueren, in der Praxis bewährten Schleudern zur Entwässerung von Feinkohle besprochen. An Stelle des Kapitels über Aufbereitung von Feuerungsrückständen hätte ein Abschnitt über Zerkleinerungsmaschinen für Kohle vielleicht besser in den Rahmen des Buches gepaßt. Den Schluß des Buches bilden Kapitel über die Überwachung von Wäschen und die Wirtschaftlichkeit der Kohlenaufbereitung. Das Werk gibt im ganzen einen guten und eingehenden Überblick über Theorie und Praxis der neuzeitlichen Steinkohlenaufbereitung.
[E 2285] Pr.

Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Herausgeg. von Emil Abderhalden. 3. Abt. T. A., 6. H.: **Elektronen- und Ionenröhren.** Von Ferdinand Scheminzky. Berlin und Wien 1928, Urban & Schwarzenberg. S. 931 bis 1372 m. 239 Abb. Preis 25 *RM*.

Im Rahmen des Handbuches der biologischen Arbeitsmethoden wird hier eine erschöpfende Darstellung der biologischen Anwendungen der Elektronen- und Ionenröhren gegeben. Es dürfte das erste Mal sein, daß so vollständige Angaben über biologische Untersuchungen mittels Elektronen- und Ionenröhren veröffentlicht werden. Dem Verfasser ist wohl kaum eine Schriftstelle entgangen. Soweit es zum Verständnis der besonderen Verfahren nötig ist, hat der Verfasser in den einleitenden Kapiteln die Elektrone und Ionenröhren, ihre theoretischen Grundlagen und ih Verwendung in der allgemeinen Hochfrequenztechnik b handelt. Erst in der zweiten Hälfte des Buches beschäfti sich der Verfasser mit den biologischen Untersuchunge Die Hilfseinrichtungen für ihre genaue Durchführung we den ausführlich besprochen. Ein umfangreiches Schrif tumverzeichnis macht das Buch besonders wertvoll. Manc Methode, die für biologische Untersuchungen entwicke worden ist, dürfte sich auch für andre Zwecke verwend lassen. Deshalb ist das Buch nicht nur für die Biologi sondern auch für die Hochfrequenztechnik wertvoll.
[E 1980] Dr. F. Noack

The Motor Ship Reference Book for 1928. Comp. by th Staff of „The Motor Ship“. London 1928, Temple Pres Ltd. 230 S. m. Abb. Preis 5 sh.

Dieses Jahrbuch, das zum vierten Mal erscheint, i eine Zusammenfassung der wichtigsten Ereignisse im Moto schiffbau. Es bringt kurze Angaben mit Abbildungen übe die Motorbauarten, die Vorschriften der englischen Klass fikationsgesellschaften, eine Liste der Ölhäfen der Welt m Angaben über Leistungsfähigkeit und Hafenabmessunge eine Liste der in Dienst gestellten und eine der in Auftra gegebenen Motorschiffe bis Ende 1927, eine Zusammenste lung der Motorenfabriken und einige statistische Angabe

Erwünscht wäre in den Schiffslisten die Angabe de Zahl der Schraubenwellen und der Anzahl Motoren, auf di sich die Gesamtleistung verteilt. [E 2180] Ls.

Der wirtschaftliche Baubetrieb. Von Otto Rode. Berli 1928, Bauwelt-Verlag. 182 S. m. Abb. Preis 5,60 *RM*.

Das vorliegende Werk ist ein Buch aus der Praxis fü die Praxis mit dem Zweck, Mittel und Wege zu zeige wie die Grundsätze der wirtschaftlichen Betriebführung, di in gutgeleiteten Industriebetrieben Eingang gefunden habe sich in geeigneter Form auch auf den Baubetrieb des Woh nungsbaues mit Erfolg übertragen lassen. In der etwa ungewöhnlichen Form von Frage und Antwort werden di Grundlagen für den wirtschaftlichen Baubetrieb behandel

Die wirtschaftliche Ausnutzung der menschlichen Ar beitskraft ist vorzubereiten durch Zeit- und Bewegungs studien, die Überanstrengungen verhüten sollen. Plan mäßige Arbeitsvorbereitung und zweckmäßige Bureauorga nisation ersparten Leerlaufarbeit im inneren Betrieb. Vo diesen Leitsätzen ausgehend, zeigt der Verfasser, wie plan mäßiges Durchdenken und die vorherige Festlegung alle Teilarbeiten, wie Baustoff- und Gerätebeschaffung und da Anfordern und Verteilen der Arbeitskräfte, die program mäßige Durchführung des Bauvorhabens erleichtern.

Eine übersichtliche Baubetriebstatistik überwacht de Bauvorgang, ermöglicht eine klare Kostenzergliederung, ge stattet jederzeit die Nachprüfung des finanziellen Stande des Baues und gibt die Grundlage für die Kostenabrech nung. Die Bedeutung der Kostenabrechnung wird mit Rech unterstrichen und an der Hand von erprobten Vordrucke wird gezeigt, wie Statistik, Buchhaltung, Vor- und Nach kalkulation geordnet sein müssen, um wirtschaftlich zu arbeiten. Das Arbeitsbureau wird auch für den Baubetrie gefordert, die wirtschaftliche Auswirkung von Normung und Typung sowie vom Einsatz von Maschinen auf dem Baustellenbetrieb nachgewiesen.

Die Beherzigung der hier zusammengetragenen Erfahrungen dürfte geeignet sein, die sehr große Leerlaufarbeit im Hochbau beträchtlich herabzusetzen. Das Buch verdient weiteste Verbreitung. [E 2088] Sander

Wie Technik Dir im Haushalt hilft. Von C. Säuberlich. Berlin 1928, VDI-Verlag. 119 S. m. 135 Abb. Preis 4,80 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4,30 *RM*.

Unter den 135 Abbildungen dieses Buches befindet sich das Röntgenbild eines elektrischen Heizkissens. Dieses Bild ist kennzeichnend für das ganze Buch. Denn wie das Röntgenbild dem Benutzer des Heizkissens das Innere der Konstruktion sichtbar macht, so erschließt das Buch den Sinn und das Wesen der gesamten häuslichen Technik; angefangen von der Erläuterung der Begriffe Spannung und Stromstärke bis zur Veranschaulichung des Elektromotors, von der Erklärung des Begriffs der Kalorie bis zum Querschnitt der verschiedenen Ofensysteme und der Gebrauchsanweisung des neuzeitlichen Gasherdes, findet man in ihm alle Technik behandelt, die irgendwie grundsätzliche Bedeutung für den Haushalt hat.

Besonders erfreulich an diesen von einem Ingenieur r den Laien verfaßten, völlig voraussetzungslosen Darellungen technischer Zusammenhänge ist die gute Anhaulichkeit; gleich am Anfang fesselt ein mit Humor würzter, sehr feinsinniger Vergleich zwischen der Frau id der Technik, aus dem die Technik als Dienerin der rau hervorgeht. Man darf daher neben dem Inhalt, der gar dem Ingenieur manches Neues bieten wird, auch die rm als vorbildlich bezeichnen.

[E 2342] Mengeringhausen

itteilung des Norwegischen Technischen Hochschul-Wasserkraftlaboratoriums. **Prover med modellturbiner for Mørkfoss-Solbergfossanlegget.** (Versuche mit Modellturbinen für die Mörkfoss-Solbergfoss-Anlage.) Von G. Sundby. Trondhjem 1928, F. Bruns Bokhandel. 80 S. m. 61 Abb. Preis 3,80 Kr.

Versuchsanordnung, Darstellung der Ergebnisse, Einheiten der Kraftanlage und der Konstruktion der Modellrbinen, Versuche und Versuchsergebnisse.

er Verbrennungsvorgang im Gas- und Vergaser-Motor. Von Wilhelm Endres. Berlin 1928, Julius Springer. 80 S. m. 29 Abb. Preis 6,80 RM.

hysik. Ein Lehrbuch für Studierende an den Universitäten und Technischen Hochschulen. Von Wilhelm H. Westphal. Berlin 1928, Julius Springer. 536 S. m. 471 Abb. Preis 19,60 RM.

xperimentelle Methode der Vorausbestimmung der Gesteintemperatur im Innern eines Gebirgmassivs. Von Konrad Pressel. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 58 S. m. Abb. Preis 10 RM.

esteinskunde. Von Friedrich Rinne. 10. u. 11. Aufl. Leipzig 1928, Max Jänecke. 428 S. m. 589 Abb. Preis 19,50 RM.

erechnung von Pfahlrosten. Von Chr. Nökkentved. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 80 S. m. 38 Abb. Preis 8 RM.

ertigkonstruktionen im Beton- und Eisenbetonbau. Von A. Kleinlogel. Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 91 S. m. 140 Abb. Preis 8,60 RM.

icherungsarbeiten am Mainzer Dom. Herausgeg. von Georg Rüth. Amöneburg bei Biebrich a. Rh. 1928, Selbstverlag von Dyckerhoff & Söhne. 81 S. m. 62 Abb. Preis 13,50 RM.

abellen der Maximalquerkräfte und Maximalmomente durchlaufender Träger. Von W. Kapferer. 2. Aufl. Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 131 S. m. 18 Abb. Preis 7,20 RM.

nicknomogramm für den Eisenbau. Sammlung mit vier Netztafeln und einem Zellhorn-Kurvenblatt. Nach G. Unold. Geislingen-Steige (Württ.) 1928, P. Leybold. 23 S. Preis 1,40 RM.

roßhaus und Citybildung. Städtebauliche Vorträge. 4. Sonderheft der Stadtbaukunst alter und neuer Zeit. Berlin 1927, Pontos-Verlag. 42 S. m. 30 Abb. Preis 6 RM.

aumarkt und Gesamtwirtschaft. Von Karl Müller. Berlin 1928, Emil Ebering. 274 S. Preis 12,50 RM.

Adreßbuch der Dampfkesselbesitzer Deutschlands. 3. Bd.: Westdeutschland. Halle a. d. S. Carl Haenchen. 232 S. Preis 28 RM.

Die Berliner Maschinen-Industrie und ihre Produktionsbedingungen seit ihrer Entstehung. Von K. Doogs. Berlin 1928, Julius Springer. 121 S. m. 14 Abb. Preis 10 RM.

Vom BMW IIIa zum BMW VIII U und BMW Hornet. Festschrift über Flugmotoren. Herausgeg. von den Bayerischen Motoren Werken A.-G. München 1928. Nicht im Buchhandel erhältlich.

Leitfaden der Flugzeugnavigation. Von W. Immler. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 89 S. m. 57 Abb., 15 Taf. und 13 Tab. Preis 12,50 RM.

Abhandlungen aus dem Aerodynamischen Institut an der Technischen Hochschule Aachen. Herausgeg. von Th. v. Kármán. 8. H.: Beitrag zur theoretischen Behandlung des gegenseitigen Einflusses von Tragfläche und Rumpf. Von J. Lennertz. Die Geschwindigkeitsverteilung in der Grenzschicht an einer eingetauchten Platte. Von M. Hansen. Der Einfluß der Wandrauhigkeit auf die turbulente Geschwindigkeitsverteilung in Rinnen. Von Walter Fritsch. Berlin 1928, Julius Springer. 32 S. m. 60 Abb. Preis 6 RM.

Raketenfahrt. 5. Aufl. von „Vorstoß in den Weltenraum". Eine technische Möglichkeit. Von Max Valier. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 252 S. m. 72 Abb. Preis 8,50 RM.

JRE Institut National Roumain, Nr. 13: **Une méthode graphique pour déterminer les conditions du fonctionnement des lignes de transmission de l'énergie électrique.** Von T. Tanasesco. Bukarest 1928, Institut National Roumain. 53 S. m. 24 Abb. Preis 3 RM.

Bulletin of Purdue University, Vol. 7, No. 7: **Emergency braking on electric cars.** Von D. D. Ewing. Lafayette, Indiana, 1923, Purdue University. 163 S. m. Abb.

Die Belastbarkeit der Wälzlager. Von Helmut Stellrecht. Berlin 1928, Julius Springer. 98 S. m. 23 Abb. Preis 9 RM.

The theory of film lubrication. Von R. O. Boswall. London, New York, Toronto 1928, Longmans, Green and Co. 279 S. m. Abb. Preis 12,6 sh.

Werkstattbücher, 1. H.: **Gewindeschneiden.** Von Otto Max Müller. 2. Aufl. Berlin 1928, Julius Springer. 49 S. m. 167 Abb. Preis 2 RM.

Sammlung Göschen, 996. Bd.: **Pumpen-Anlagen.** Von Fr. Krauß. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 124 S. m. 53 Abb. Preis 1,50 RM.

Kurzwellen-Bastelgeräte. Von Curt Jauer. Berlin 1928, Rothgießer & Diesing A.-G. 48 S. m. 44 Abb. Preis 1,50 RM.

Die Deutsche Wirtschaft in Karten. Von Ernst Pfohl und Ernst Friedrich. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 240 S. Preis 36 RM.

Aus Hollands Staats- und Wirtschaftsleben. Herausgeg. von Hermann Wandersleb. Berlin 1927, Gersbach & Sohn. 136 S. Preis 3 RM.

Einstein für Jedermann. Von Georg N. Felke, mit einem Geleitwort von E. Fuld. Berlin-Hessenwinkel 1928, Verlag der Neuen Gesellschaft. 66 S. Preis 0,70 RM.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Schiene und Rad

Unter dieser Überschrift brachte Herr Dr. Rudolf Lorenz in Z. Bd. 72 (1928) Nr. 6 S. 173 eine Berechnung der Werkstoffbeanspruchung und des Schlupfes bei Reibungsgetrieben, in der er zu einer besseren Übereinstimmung mit Versuchsergebnissen zu kommen glaubt als ich in meiner Arbeit über das gleiche Thema[1]). Den Grund hierfür sieht er darin, daß ich leider den Einfluß der Gleitung nicht berücksichtigt hätte. Demgegenüber kann ich mich mit einigen Ansätzen von Dr. Lorenz nicht einverstanden erklären und seine vermeintliche Übereinstimmung, zu der er mit ihrer Hilfe gelangt, nicht anerkennen.

Was zunächst den Einfluß der Gleitung γ betrifft, so werden wohl Winkeländerungen durch Schubspannungen hervorgerufen, die sich mit der Umfangskraft ändern. Diese sind durch die Grundgleichungen der Elastizitätstheorie bei Berechnung der Formänderungen auch mit berücksichtigt. Sie verursachen aber lediglich eine Phasenverschiebung in der Bewegung der beiden Scheiben, ohne bei stationärer Bewegung, die ja vorausgesetzt wurde, eine Änderung der Umfangsgeschwindigkeit hervorzurufen. Die Gleichungen (2) und (2 a) von Dr. Lorenz zur Berechnung des Schlupfes, in denen für die Umfangsgeschwindigkeit

$$v = r\,\omega\left(1 + \varepsilon + \gamma - \frac{\Delta r}{r}\right)$$

gesetzt ist, sind also kinematisch nicht haltbar, weil in ihnen ein Einfluß der Schiebung γ angenommen ist; auch ein Einfluß der Halbmesserverkürzung Δr besteht nicht. In Absatz 1 meiner Arbeit habe ich bewiesen, daß die Geschwindigkeit eines beliebigen Punktes der rotierenden Scheibe durch $v = r\,\omega\,(1 + \varepsilon)$ gegeben ist, wenn r sein Mittelpunktabstand vor der Deformation war.

Zur Veranschaulichung des Beweises denke man sich einen geschlossenen dehnbaren Faden (Kautschukring), der sich zunächst ungedehnt und in Kreisform in seiner Ebene um seinen Mittelpunkt dreht, so daß also jeder seiner Punkte längs der Kreislinie vom Halbmesser r mit der Geschwindigkeit $v_0 = r\,\omega$ fortschreitet, Abb. 1. Sodann möge der Faden beliebig verzerrt werden, Abb. 2, ohne Längsdehnungen zu erleiden, und nun jeder Punkt sich längs der neuen Formlinie als Bahn fortbewegen. Ist die Umlaufzeit eines Punktes dieselbe wie im ersten Fall, so ist seine Geschwindigkeit wieder v_0, solange die ganze Bewegung stationär bleibt. Läßt man jetzt noch eine Längsdehnung und damit die allgemeinste Form-

[1]) H. Fromm, Berechnung des Schlupfes beim Rollen deformierbarer Scheiben. „Z. f. angew. Math. u. Mech." Bd. 7 (1927) S. 27. Über die Ergebnisse habe ich in Z. Bd. 71 (1927) S. 1372 kurz berichtet.

Abb. 1 und **2**
Änderung des stationären Bewegungszustandes einer geschlossenen Linie durch Verzerrung.

änderung des Fadens zu, die an dem beliebigen ortfesten Beobachtungspunkt A bei stationärer Bewegung von der Zeit unabhängig gleich ε ist, so verhält sich die Geschwindigkeit v des gerade durch A gehenden Punktes des Fadens zu v_0 wie $1+\varepsilon$ zu 1, woraus $v = r\,\omega\,(1+\varepsilon)$ folgt.

Nun kann man den Faden als das Bild eines ursprünglichen Kreises auf einer Scheibe ansehen, die in deformiertem Zustand eine stationäre Bewegung ausführt. Daraus folgt: Die Geschwindigkeit eines Punktes der Scheibe an einer bestimmten Stelle seiner Bahn (und damit auch der Formänderungsschlupf eines Reibgetriebes) wird durch Formänderungen nur insofern beeinflußt, als damit eine Dehnung in Richtung der Bahn verbunden ist. Weder Gleitungen (γ) noch die Änderung (Δr) des Mittelpunktabstandes r in ϱ („Halbmesserverkürzung") haben mit der Geschwindigkeitsänderung etwas zu tun, worauf ich im Absatz 1 meiner Arbeit bereits ausdrücklich hinwies, um einem naheliegenden Irrtum vorzubeugen. Und diese Aussage gilt nicht nur unabhängig vom Hookeschen Gesetz, sondern sogar für große Formänderungen (Gummi!).

Wenn nun Dr. Lorenz trotzdem glaubt, bei seinem Ansatz bleiben zu sollen, um wenigstens für den unteren Teil der Schlupfkurve eine Annäherung zu erzielen, so möchte ich auch auf Abb. 19 meiner Arbeit hinweisen, in der sich bei Einführung eines Berichtigungsfaktors 10/3 für den Schlupf eine fast genaue Übereinstimmung des ganzen Verlaufes der Schlupfkurve mit den Versuchsergebnissen ergibt. Ich glaube aber nicht, daß durch derartige nicht weiter begründete Hilfsmittel der Wert einer theoretischen Untersuchung gesteigert wird, zumal es sehr fraglich erscheint, ob dieselben Hilfsmittel auch beim Vergleich mit weiteren Versuchsergebnissen den Schein einer Übereinstimmung bewirken werden. Auch scheint mir die immerhin erhebliche Abweichung vom Versuch durch viele in der Theorie nicht berücksichtigte Nebenumstände hinreichend erklärt, wie ich an andrer Stelle ausführlich dargelegt habe[2]). Eine Bestätigung für die Brauchbarkeit meiner Rechnung glaube ich ferner darin sehen zu dürfen, daß es mir neuerdings gelungen ist[3]), unter Berücksichtigung der Konizität der Radreifen für die Rollreibung Werte zu berechnen, die den Versuchsergebnissen nahekommen.

Auch in einer Reihe weiterer Punkte kann ich den Ausführungen von Dr. Lorenz nicht zustimmen. Ich beschränke mich auf einige Bemerkungen über die zu Gleichung (1) führende Annahme $q = \nu\,p$, durch die die Verteilung der Tangentialspannungen in der Berührungsfläche festgelegt werden soll; darin soll ν durch $Q = \nu\,P$ definiert sein. Eine physikalische Deutung dieser Annahme, die wohl die Rechnung sehr vereinfachen mag, scheint mir kaum möglich zu sein. Mit dem Coulombschen Reibungsgesetz, auf das sich Dr. Lorenz bezieht, ist sie jedenfalls nur vereinbar, wenn man sich auf die Behandlung der beiden Grenzfälle beschränkt, in denen $Q = 0$ ist oder den Höchstwert $Q = Q_{\max} = \mu\,P$ erreicht, wo $\nu = \mu$ = Gleitreibungszahl wird.

Wie man zu einer mit diesem Gesetz für beliebige Umfangskräfte ($0 < Q < Q_{\max}$) verträglichen Verteilung gelangen kann, ohne eine neue und physikalisch noch zu rechtfertigende Annahme einzuführen, habe ich in meiner Rechnung gezeigt, die gleichzeitig zwangläufig die Einteilung der Berührungsfläche in ein Haftgebiet und ein Gleitgebiet und die Lage der Grenze zwischen diesen Gebieten für jeden Belastungsfall ergibt. Diese Verteilung weicht so sehr von der von Dr. Lorenz angenommenen ab, daß ich fürchte, es wird sich keine Formulierung für ein Reibungsgesetz finden lassen, das mit der Annahme $q = \nu\,p$ verträglich ist und gleichzeitig den Versuchen über die Reibung auch nur einigermaßen entspricht. Auf die Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme weist auch die Geradlinigkeit der in Abb. 14 gezeichneten Schlupfkurven b und c hin, während sich in meiner Rechnung (Kurve a), ähnlich wie beim Versuch (Kurve d), beim Höchstwert eine horizontale Tangente ergibt, in die die Kurve ohne Knick übergeht. (Dies ist in Abb. 14 versehentlich nicht klar zum Ausdruck gebracht.) Durch diesen Übergangspunkt in meiner Kurve a würde übrigens die Linie b bzw. c hindurchgehen, wenn Gleichung (2) durch Streichung der Glieder γ und $\frac{\Delta r}{r}$ berichtigt würde; die Linie b bzw. c würde der geometrische Ort dieser Übergangspunkte für verschiedene Reibungszahlen sein.

Berlin-Spandau Hans Fromm

[2]) Arbeitsverlust, Formänderungen und Schlupf beim Rollen, Beitrag zur Analyse der Reibungsgesetze. Z. f. techn. Phys. Bd. 9 (1928) Heft 9 S. 299.

[3]) „Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder konischen Rädern". Diese Arbeit wird in Kürze in dieser Zeitschrift erscheinen.

Erwiderung

Von der eingehenden Stellungnahme des Herrn Dr. Fromm zu meinem Aufsatz „Schiene und Rad" habe ich mit Interesse Kenntnis genommen, wenn ich auch seine Einwendungen gegen grundlegende Annahmen meiner Rechnung im wesentlichen ebensowenig anzuerkennen vermag, als ich einige seiner Arbeit zugrundeliegende Auffassungen, etwa das Zerfallen der Berührungsfläche in ein Haft- und ein Gleitgebiet, teilen kann.

Die Frage, ob den Annahmen Dr. Fromms oder den meinigen die größere Berechtigung zukommt, kann m. E. nur durch erschöpfende Versuche entschieden werden. Die bisher vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen zwar eine recht gute Übereinstimmung mit dem Ergebnis meiner Rechnung, aber ich verhehle mir keineswegs, daß sie noch viel zu dürftig sind, um eine restlose Klärung dieser Frage zu ermöglichen. [D 1539]

Essen R. Lorenz

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

'd. 72 SONNABEND, 29. DEZEMBER 1928 Nr. 52

Die Großwasserkraftanlage am Shannon

Die maschinellen Einrichtungen

Von Obering. L. Reichard und Regierungsbaurat Fr. Wiener, Berlin-Siemensstadt

Im Anschluß an den Aufsatz über die Bauarbeiten des Werkes in Heft 42 (1928) S. 1481 werden die maschinellen Einrichtungen des Shannonkraftwerks, das z. Zt. von den Siemensfirmen errichtet wird, wie Ausrüstung des Wasserschlosses, Druckrohrleitungen, Turbinen, Krane und Nebenanlagen, beschrieben. Außerdem wird ein kurzer Überblick über den jetzigen Stand der Arbeiten in den Werkstätten und auf der Baustelle gegeben.

Das Kraftwerk am Shannon in Irland erhält im Vollausbau, wie schon in dem Aufsatz von Dr. Enzweiler über die Bauarbeiten in Heft 42 dieser Zeithrift ausgeführt, sechs Maschinensätze von je 30 000 kVA, n denen zunächst drei aufgestellt werden. Die Turnen sind Francis-Spiralturbinen mit stehender Welle und mit einer Schirmdynamo gekuppelt. Das ausgenutzte efälle schwankt zwischen 26,40 und 33,73 m. Bei dem ößten Gefälle können die Turbinen je rd. 102 m³/s asser verarbeiten und erzeugen bei 150 U/min 38 600 PS. de Turbine erhält ihr Betriebswasser durch eine 44 m nge eiserne Rohrleitung von 6 m Dmr., deren Einlauf n Wasserschloß durch Schützen verschließbar und durch einrechen gesichert ist.

Das Wasserschloß

Als Verschlüsse der Rohreinläufe im Wasserschloß[1]), das 26 m hoch ist und 60 000 m³ Beton enthält, und einer mittelgroßen Talsperre gleicht, dienen Rollschützen von 6,4 m lichter Weite und 6,5 m lichter Höhe; sie wiegen je rd. 23 t, hängen an Laschenketten und werden je von einem Windwerk im Wasserschloß durch Drehstrommotoren über ein Schneckengetriebe und Rädervorgelege mit einer Hubgeschwindigkeit von 0,3 m/min bewegt. Im Notfall kann durch ein Fallgewicht, dessen Verriegelung ein Elektromagnet auslöst, das Schneckengetriebe mit Motor von dem Rädervorgelege getrennt

[1]) Vergl. Z. Nr. 42 S. 1486. Abb. 18.

Zusammenbau der Turbinengehäuse mit Stützring und Vorleitschaufeln auf der Baustelle.

Abb. 1. Laufkatze im Wass schloß mit Zange balken zum Greif der Dammbalken un Wasser.

werden, so daß dann die Schütze als Freifallschütze in 30 s schließt. Fallzeit und Fallweg sind dabei durch eine als Bremse wirkende Ölpumpe von rd. 40 PS Leistungsaufnahme regelbar. Die Freifall-Vorrichtung kann vom Bedienungsstand im Windwerk selbst oder durch Druckknöpfe von der Hauptbefehlstelle des gesamten Kraftwerkes und vom Stromerzeugerraum aus eingeschaltet werden. Außerdem betätigt ein Fliehkraftschalter an der Turbine bei unzulässiger Überschreitung der Drehzahl den Schnellschluß der Schütze selbsttätig, so daß hier eine erhöhte Sicherheit für die Maschinen geschaffen ist.

Im Bedarfsfalle kann vor diesen Schützen ein Dammbalkenverschluß eingebaut werden. Die einzelnen rd. 5 t schweren eisernen Balken werden durch

Abb. 3. Schlitten und Harke der Rechenreinigungsmaschine.

Abb. 2
Selbsttätige Rechenreinigungsmaschine

a Fahrgestell
b Schlitten
c Tasche
d Seiltrommel
e Zahnbogen
f Fahrgetriebe
g Schneckengetriebe
h Ausleger
i Hubmotor
k Taschenmotor
l Schlaffseilschalter
m Endschalter
n Spannfeder
o Rechen

Der Fahrmotor sitzt hinter dem Schneckengetriebe *g*.

einen Handlaufkran von 6 t Tragfähigkeit versetzt, de auch als Baukran für die Turbinenschützen und ihr Windwerke dienen soll. Das Einbauen eines Verschlusse dauert bei Handbetrieb rd. 6 h. Für später ist elektrische Antrieb geplant, und man hat von vornherein auf dies Möglichkeit Rücksicht genommen. Zum Greifen de Dammbalken unter Wasser dient ein Zangenbalken Abb. 1. Die Laufbahn des Kranes, der eine Spannweit von 6 m hat, besteht aus eisernen Trägern mit au genieteten Kranschienen und ruht auf den Pfeilern de massiven Wasserschloßhauses. Die maschinelle Au

Abb. 4 und 4 a Lagerung der Rohrleitungen.

rüstung des Wasserschlosses liefert die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg.

Zur Reinigung des vor den Turbinenschützen oder vor den Dammbalken liegenden Feinrechens mit 40 mm Stabzwischenraum dient eine elektrisch betriebene Rechenreinigungsmaschine von Escher Wyss & Cie., Ravensburg; bei 12,8 m Stablänge ist eine Reinigung mit der Hand nicht mehr möglich, Abb. 2 und 3. Die Maschine fährt auf einem Gleis auf der rd. 5 m breiten Rechenbühne und hat drei Elektromotoren: für das Fahrwerk, die Schlittenbewegung und das Kippwerk. Nach dem Feststellen des Fahrwerkes wird die Rechenharke, die sich mittels Schlittens auf den Rechenstäben bewegt, gesenkt, wobei die Harke selbst aufgeklappt ist. Beim Anheben des Schlittens greifen die Zähne der Harke zwischen die Rechenstäbe und nehmen das Schwemmgut mit, das durch eine mit einem besondern Motor ausgerüstete Kippvorrichtung über eine Rutsche in den Förderwagen abgekippt wird. Die Maschine rückt dann um eine Harkenbreite von 1,6 m vor. Man kann den ganzen 45 m breiten Rechen des ersten Ausbaues in 4 bis 5 h reinigen. Die Zähne der Harke weichen selbsttätig aus, sobald sie auf ein stärkeres Hindernis stoßen, so daß Beschädigungen der Maschinen und des Rechens vermieden sind.

Das Rechengut wird in Kippwagen zum Leerschuß befördert und dort in das Unterwasser abgeworfen.

Die Schleifleitungen für die Stromzuführung sind so angeordnet, daß zufällige Berührungen, z. B. mit nassen Stangen beim Herausfischen größerer Holzstücke, ausgeschlossen sind.

Die Druckrohrleitung

Vom Wasserschloß aus wird jeder Turbine das Betriebswasser von höchstens 102 m³/s durch eine eiserne Druckrohrleitung von 44 m Länge und 6 m Dmr. zugeführt. Diese Leitungen, wohl die größten je gebauten, werden offen ohne Umhüllung verlegt; sie werden an Ort und Stelle aus einzelnen gebogenen Blechen (je drei auf den Umfang) zusammengenietet. Da man vom Lieferwerk, Gute-Hoffnungshütte, Sterkerade, bis zur Baustelle in Irland den Wasserweg wählen konnte, also auf das lichte Bahnprofil keine Rücksicht zu nehmen brauchte, sind die einzelnen Bleche besonders breit (bis zu 3,5 m) gewalzt, damit die Zusammenbauarbeiten am Bauplatz verringert wurden. Die Längsnähte haben überlappte zweireihige Nietung, während die Rundnähte zur Erzielung einer größeren Steifigkeit doppelseitig gelascht genietet werden. Jeder Rohrschuß ist außerdem durch einen außen aufgenieteten Winkelring versteift. Die Dicke der Bleche, für die Flußstahl von 44 bis 51 kg/mm² Festigkeit bei 20 vH Mindestdehnung nach den englischen Normen vorgeschrieben war, beträgt am Wasserschloß 11 mm und nimmt entsprechend dem Wasserdruck bis 18 mm zu.

Die Rohre sind im Wasserschloß und im Krafthaus-Unterbau fest eingespannt und außerdem in drei starken biegungsfesten Eisenringen gelagert, Abb. 4, die sich ihrerseits auf je zwei einfache Walzenlager stützen, und damit der Rohrleitung, zusammen mit einem kurz hinter dem Wasserschloß angeordneten tellerförmigen Ausdehnungsstück eine Längsverschieblichkeit bei Temperatureinflüssen erlauben. Da das Ausdehnungsstück keine Momente überträgt, ist die Rohrleitung statisch in zwei Abschnitte getrennt, von denen der kürzere, obere Teil als einseitig eingespannter Balken wirkt. Die Einspannstelle selbst ist zur sicheren Aufnahme des Auflagermomentes durch Rundeiseneinlagen kräftig bewehrt. Der untere Abschnitt ist als einseitig eingespannter und auf drei beweglichen Stützen ruhender durchlaufender Balken berechnet.

Die Ermittlung der Spannungen, die die Rohrwand infolge des Eigen- und Wassergewichtes, des Wasserinnendruckes und der durch Lagerreibung und Wasserdruck auf das Ausdehnungsstück hervorgerufene Längskraft erleidet, macht keine besonderen Schwierigkeiten.

Man darf jedoch bei solchen Leitungen mit großem Durchmesser und dünnen Wänden die Beanspruchungen, die in der Rohrwand während des Füllvorganges, wo das Rohr das Bestreben hat, sich abzuflachen, nicht vernachlässigen. Um ein zutreffendes Bild über diese Spannungen, deren genaue Ermittelung eine statisch außerordentlich verwickelte Aufgabe ist, zu gewinnen, wurde von der Gute-Hoffnungshütte ein Versuchsrohr von 2 m Dmr., 5 m Stützweite und nur 3 mm Wanddicke hergestellt und an diesem in zahlreichen Punkten mittels Zeißscher Meßuhren die beim Füllen des Rohres auftretenden Formänderungen mit $^{1}/_{100}$ mm Genauigkeit gemessen. Die Abmessungen des Versuchsrohres waren ebenso wie seine Nietung absichtlich so gewählt, daß seine Steifigkeit weit geringer war als die des Hauptrohres. Seine Längsachse war während des Versuches um 30° gegen die Wagrechte geneigt.

Überraschenderweise blieben trotz der dünnen Wand und der gegenüber der Wirklichkeit verschärften Versuchsbedingungen die Formänderungen sehr klein, so daß auch bei den großen Leitungen eine ausreichende Steifigkeit mit Sicherheit erwartet werden kann.

Den Zusammenbau der Rohrleitungen auf der Baustelle führt die MAN, Werk Gustavsburg, aus.

Die Turbinen

Der Festsetzung der Ausbauleistung des Kraftwerkes auf 180 000 kVA und ihrer Aufteilung in sechs gleich große Maschinensätze war die Aufstellung eingehender Wasserwirtschaftspläne unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Stromabsatzes vorangegangen. Dieser Ausbau des Kraftwerkes ermöglicht es, den Wasserabfluß des Shannon unter Benutzung der Speichermöglichkeit in drei großen Seen an seinem Oberlauf, deren Oberfläche gleich der halben Fläche des Bodensees ist, dem Strombedarf gut anzupassen und die erforderlichen Spitzenleistungen mit genügender Ausfalldeckung sicherzustellen. Für die Aufteilung der gesamten Leistung in sechs gleich große Maschinensätze war maßgebend, daß die Anlagekosten des gesamten Kraftwerkes einschließ-

[8] Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1483 u. 1485.

lich des baulichen Teiles möglichst niedrig werden und gleichzeitig der mittlere Wirkungsgrad möglichst hoch werden soll. Da Kaplanturbinen und Propellerturbinen für so große Gefälle nicht gebaut werden, wurden Francis-Spiralturbinen mit stehender Welle und hohe Schnelläufigkeit (n_s = rd. 400) gewählt. Diese Turbinen art eignet sich am besten für die starken Schwankunge im Unterwasser des Kraftwerkes, wo Ebbe und Flu Unterschiede bis zu 6,5 m ergeben. Das Turbinenlaufra konnte dabei so tief gelegt werden, daß das Sauggefäll selbst bei den niedrigen Ebbeständen sehr gering un damit die sonst bei Turbinen mit hoher Schnelläufigkei bestehende Gefahr der Schaufelkorrosion vermieden wird

Für die unmittelbar gekuppelten Schirmdynamos er gibt sich dabei eine Höhenlage, die sie wie auch die Zu luftkanäle gegen Durchfeuchtung schützt.

Querschnitt und Grundriß des Krafthauses zeigen Abb. 5 und 6.

Von den drei Turbinen, die für den ersten Ausbau vorgesehen sind, werden eine von Escher Wyss & Cie., Ravensburg, und die beiden andern von J. M. Voith, Heidenheim a. d. Brenz, geliefert. Die von beiden Firmen gewährleisteten Wirkungsgrade und Leistungen zeigt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1

Leistungen und Wirkungsgrade der Turbinen (gewährleistet)

Gefälle m	Wassermenge m³/s	Leistung PS	Wirkungsgrad vH
33,73	102	38 600	84
28,5	96,2	31 000	85
28,5	80,9	27 150	88
28,5	71,1	23 258	86
28,5	62,1	19 400	82
28,5	53,9	15 500	75,5

Das Wasser wird dem Turbinenlaufrad durch ein Spiralgehäuse aus Stahlblech zugeführt, das ganz in den Beton des Krafthaus-Unterbaues eingebettet ist.

Die Spiralgehäuse haben einen größten Dmr. von rd. 19 m und werden an der Einbaustelle aus einzelnen Blechplatten zusammengenietet. J. M. Voith hat das ganze Gehäuse in den Werkstätten in Heidenheim zusammengepaßt und mit Schrauben geheftet, eine Maßnahme, die sich für schnellen Zusammenbau sehr gut bewährt hat. Escher Wyss & Cie. bauten das Gehäuse in ihren Werkstätten in vier Vierteln auf, zu welchem Zweck die genaue Form eines Viertels des Mittelrings als Anpaßform hergestellt wurde. Die Bleche sind so dick, daß die vom Wasserdruck verursachten Kräfte vollständig vom Gehäuse aufgenommen werden können, daß also der umhüllende Beton keine zusätzliche Belastung bekommt. Die diesen Bedingungen entsprechenden Wanddicken betragen bis zu 18 mm. Escher Wyss & Cie. haben zur Verbindung der Stoßstellen Laschen, J. M. Voith überlappte Nietung verwendet.

Innen hält ein 21 t schwerer Stützring von 5,8 m Dmr. aus Stahlguß die Gehäuseplatten; er wird auf einen gußeisernen Tragring gesetzt. Zwischen den als Vorleitschaufeln geformten Stützschaufeln strömt das Wasser aus dem Spiralgehäuse in das eigentliche Leitrad ab, Abb. 7 und 8. Die beweglichen Leitschaufeln aus Stahlguß sind um die oben und unten angegossenen Zapfen drehbar, denen das Schmierfett durch getrennte Kanäle zugeführt wird aus Staufferbüchsen, die von einem besondern Podium auf dem oberen Turbinendeckel bedient werden. Die oberen Zapfen durchdringen den Turbinendeckel und sind durch Hebel und Lenker mit dem Regelring verbunden, Abb. 9 und 10. Beim Einklemmen eines harten Gegenstandes zwischen zwei sich schließenden Leitschaufeln reißt ein mit einer Eindrehung versehener Zugbolzen und löst die geklemmten Leitschaufeln vom Regelring, während die übrigen geschlossen werden können. Der bequemen und zuverlässigen Schmierung der Leitschaufeln ist besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Zum Drehen des Regelringes sind zwei mit Drucköl betriebene Servomotoren vorhanden, die unmittelbar am Umfang des Regelringes angreifen und ein größtes Kräftepaar von 2 × 50 t erzeugen. Die Servomotoren, die für eine größte Regelarbeit von 16 000 mkg bemessen sind, werden im vollen Beton des Krafthaus-Unterbaues verankert. Die Servomotoren steuert ein Steuerregler an

Abb. 5 und 6
Krafthaus in Querschnitt und Grundriß.

a 10 kV-Schalthaus *b* Kühlluft *c* Abluft *d* Hilfsturbine *e* Ölkeller *f* Transformatorenwerkstatt mit Ölkochern *g* Druckölpumpe mit Windkessel für Turbinenregelung *h* 30000 kVA-Transformatoren *i* Steuerregler

jeder Turbine, der auf der Höhe des Maschinenhausflures aufgestellt und mit den für den Betrieb erforderlichen Überwachungsgeräten, wie Tachometer, Leitschaufel-Stellungszeiger usw., versehen ist.

Das Drucköl für die Servomotoren wird von elektrisch angetriebenen Zahnradpumpen für je 62 PS größte Antriebkraft geliefert, Abb. 11, die mit ihren Windkesseln in einem besonderen Bedienungsgang in Höhe der Servomotoren eingebaut sind, wodurch sich vorteilhaft kurze Ölleitungen ergeben. Gemeinsame Ölleitungen verbinden die Pumpen untereinander und gewährleisten selbst bei Ausfall einer Pumpengruppe die ungehinderte Fortsetzung des Betriebes. Eine Hilfsturbine von 236 PS treibt eine mit dieser Ölleitung verbundene Hilfspumpengruppe und einen Stromerzeuger auf der gemeinsamen Welle. Diese von Escher Wyss & Cie. gelieferte Pumpengruppe läuft beim Betrieb der Hauptpumpensätze zur weiteren Aushilfe mit, während der zugehörige Hilfsstromerzeuger bei Stillstand der Hauptstromerzeuger den Eigenstrombedarf deckt. Für die Turbinenreglung ist ein größter Öldruck von 25 at vorgesehen.

Die einteiligen Laufräder haben einen größten Dmr. von 4200 mm; die der Voith-Turbinen bestehen ganz aus Stahlguß, während Escher Wyss & Cie. in Stahlguß eingegossene Blechschaufeln verwenden. Beide Firmen haben in ihren Versuchsanstalten für die Turbinenlaufräder eingehende Modellversuche vorgenommen, deren Ergebnisse mit Sicherheit darauf schließen lassen, daß die tatsächlichen Wirkungsgrade die gewährleisteten überschreiten und in einem großen Bereich über 90 vH liegen werden. Die besonders sorgfältige Ausführung der Spaltringe trägt durch weitgehende Verminderung von Spaltwasserverlusten ebenfalls zur Erzielung hoher Wirkungsgrade bei.

Abb. 7
Schnitt durch das Laufrad der Turbine von Escher Wyss & Cie.

Abb. 8
Schnitt durch das Laufrad einer Turbine von J. M. Voith.

Das Wasser fließt durch ein gekrümmtes Betonsaugrohr ab, das oben mit Stahlblech ausgekleidet ist und anschließend daran in der Krümmung eine Mittelwand zur Beruhigung der Strömung aufweist. Die Austrittfläche der Betonsaugrohre beträgt 13×5 m².

Die Welle des gekuppelten Stromerzeugersatzes wird an drei Stellen geführt: Im Turbinendeckel für das fliegend gelagerte Laufrad und im Ständergehäuse unterhalb und oberhalb des Stromerzeugerläufers. Die Gesamtlast des umlaufenden Teiles sowie der Wasserdruck auf das

Abb. 9
Turbinen von J. M. Voith im Zusammenbau.

Abb. 10. Escher Wyss-Turbine in der Werkstatt. Antrieb der Leitschaufeln.

Turbinenlaufrad werden von einem Spurlager aufgenommen, das auf dem oberen Armstern des Stromerzeugers ruht. Die Spurlager der einzelnen Maschinensätze, Abb. 12 und 13, werden von der betreffenden Turbinenfirma für eine Höchstbelastung von 502 t gebaut, die sich aus 227 t Gewicht der umlaufenden Maschinenteile und 275 t hydraulischem Schub zusammensetzt. Beide Firmen verwenden hierfür Spurlager, die den zwischen den Laufflächen erforderlichen Öldruck selbst erzeugen, es sind also besondre Öldruckpumpen entbehrlich. Escher Wyss & Cie. erreichen dies dadurch, daß sie den unteren fest aufliegenden Tragring durch radiale Ölrinnen in zusammenhängende Segmente aufteilt, die mit einer von der Rinne leicht ansteigenden Fläche versehen sind. Bei Drehung der oberen glatten Spurfläche, die der regelmäßigeren Druckübertragung wegen in zwei konzentrische Ringe aufgeteilt ist, wird dauernd Öl aus den radialen Nuten des unteren Ringes zwischen die tragenden Flächen gepreßt. Es bildet sich somit zwischen diesen ein Ölfilm, der metallische Berührung verhütet. Escher Wyss & Cie. fertigen sowohl den unteren als auch den oberen Spurring mit einem äußeren Durchmesser von 1,9 m aus Sondergußeisen an. Voith hat den unteren Ring in einzelne voneinander getrennte Segmente geteilt, die, auf Federn beweglich gelagert, durch Selbsteinstellung eine keilförmige, sich stets erneuernde Schmierschicht ergeben. Die unteren Ringabschnitte sind aus Gußeisen mit Weißmetallauflage, der obere Spurring besteht aus einem Stück SM-Stahl.

Die Reibungswärme wird durch gesondert aufgestellte Ölkühler mit Wasserdurchfluß und Kühlschlangen im Spurlagergehäuse abgeleitet, die sowohl an das Spiralgehäuse als auch an eine gemeinsame Kühlwasserleitung angeschlossen sind. Die Ölmenge von 570 l/min hält eine von der Turbinenwelle mittels Stirnradgetriebe angetriebene Zahnradpumpe im Umlauf durch Spurlager und Ölkühler.

Selbst nach Unterbrechung des Ölumlaufes können die Lager noch zwei Stunden ohne unzulässige Erwärmung laufen, wobei dann die Kühlschlange allein die Kühlung übernimmt. Die Lager beider Firmen sind trotz der Verschiedenheit der Einzelheiten so gebaut, daß sie gegeneinander austauschbar sind, so daß also auch die Escher-Wyss-Turbine unter einem Voith-Lager und umgekehrt laufen kann. Zusammen mit einem der großen Stromerzeuger sind die Lager beider Firmen im Dynamowerk der Siemens-Schuckertwerke einem Probelauf unterworfen worden, der soweit wie möglich den späteren Betriebsbedingungen angepaßt war. Die dabei beobachteten Lagertemperaturen und Reibungsverluste haben den gehegten Erwartungen voll entsprochen.

Die Turbinenwellen von 625 mm Dmr. werden in zweiteiligen Lagerschalen aus Weißmetall in kräftigen, auf den Turbinendeckeln ruhenden Lagerkörpern geführt. Die Abmessungen der Lagerschalen sind für die drei Turbinen einheitlich festgelegt, so daß sie gegeneinander austauschbar sind. Eine von der Turbinenwelle über Zahnräder angetriebene Ölpumpe führt das Schmieröl sicher zu.

Ebenso wie die beschriebenen Ölkreisläufe sind auch die Kühlwasserzuleitungen für die Turbinenspurlager und die Reglung so ausgebildet, daß ein möglichst hoher Grad an Betriebsicherheit erreicht wird und bei etwaigem Ausfall eines Teiles eine Aushilfe möglichst selbsttätig einspringt. Das Kühlwasser wird, da das Wasser des Shannon in den vorgelagerten Seen gut geklärt ist, dem Oberwasser entnommen. Die drei Turbinen des Teilaus-

Abb. 11. Ölpumpe und Windkessel für die Servomotoren von Escher Wyss & Cie.

ues sind an eine gemeinme Kühlwasserleitung geschlossen, die von der Druckrohrleitung der lfsturbine abzweigt und ußerdem Hilfsanschlüsse die Spiralgehäuse der urbinen erhält. Jede dier Entnahmestellen ist urch einen auswechselaren Filter oder engaschige, während des Beiebes gut gespülte Siebe sichert. Die Ableitungen s Kühlwassers sind für den Maschinensatz in nem im Reglergang steenden Ablauftrichter zuammengeschlossen, wo der Vasserablauf durch ein elektrisch beleuchtetes chauglas jederzeit gut berwacht werden kann. lle Öl- und Kühlwasseritungen sind offen und icht zugänglich verlegt. ur weiteren Erhöhung der etriebsicherheit sind alle benswichtigen Hilfsbeiebe an ein Meldenetz aneschlossen, das dem Mahinenpersonal den etwaien Ausfall irgend eines eiles durch sichtbare und örbare Warnsignale aneigt.

Abb. 12
Spurlager der Turbine von Escher Wyss & Cie.
Der untere Spurring ist in zwölf segmentförmige Tragflächen aufgeteilt.

Abb. 13
Spurlager der Turbine von J. M. Voith für 502 000 kg.

Krane, Werkstatt und Nebeneinrichtungen

Die als Eisenfachwerkau geplante Maschinenalle wird von zwei Drei-Motoren-Kranen für je 00 t Tragfähigkeit betrichen, die durch einen asttragbalken miteinander ekuppelt werden können. Da das Läuferrad jedes Stromerzeugers mit Rücksicht auf en Versand mehrfach unterteilt werden mußte und die einelnen Läufernaben erst in einer besonderen Baugrube im Krafthaus auf die Welle gezogen werden können, müssen ie gekuppelten Krane den ganzen Läufer im Gesamtewicht von 190 t heben und verfahren können. Zum twaigen Nachsehen und Auswechseln der Spurlager könen die gesamten umlaufenden Teile eines Maschinenatzes im Gewicht von 237 t angehoben werden, wobei urch Einschaltung eines Hilfsgetriebes die normal 0,5 is 0,6 m/s betragende Hubgeschwindigkeit auf $^1/_{10}$ dieser Verte herabgesetzt wird, damit die Turbinen im Innern ei zu plötzlichem Anheben nicht beschädigt werden. Die Krane werden von der Demag, Duisburg, geliefert.

Mit dem Kraftwerk ist eine geräumige Instandetzungswerkstatt verbunden, die mit Werkzeugmaschinen, wie Drehbänke, Schnellhobler, Bohrmaschinen usw., usgerüstet ist. Besondere Erwähnung verdient eine große Drehbank von 0,8 m Spitzenhöhe und 2,50 m Spitzenweite, auf der die Führungslager der Turbinen und Stromerzeuger ausgedreht werden können.

Für den Notabschluß der Turbinensaugrohre sind geeilte eiserne Schütztafeln vorgesehen, die von einem besondern Kran aus versetzt werden können.

Die maschinellen Ausrüstungen für den neben dem Krafthaus liegenden Leerschuß, sowie die Schiffschleuse, ferner die Schützen und Windwerke des Stauwehres und des Einlaßbauwerkes im Einlauf des Oberkanals sollen ebenso wie eine Reihe von selbsttätigen Schöpfwerken einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

Stand der Arbeiten

Die Werkstattarbeiten aller beschriebenen maschinellen Einrichtungen sind zum großen Teil abgeschlossen. Ein kleiner Rest steht kurz vor der Fertigstellung und Verschiffung nach Irland. Auf der Baustelle selbst ist der Zusammenbau der drei Spiralturbinengehäuse, s. Titelbild, inzwischen beendet. Die Aufstellung der Turbinenschützen im Wasserschloß und der drei Druckrohrleitungen ist zur Zeit im Gange. Zur sicheren Einhaltung der kurz bemessenen Bauzeit haben alle beteiligten Firmen umfangreiche Aufstelleinrichtungen getroffen, und die Arbeiten werden, soweit es ihre Eigenart zuläßt, in Doppelschichten von täglich 2 × 10 h durchgeführt.

Daß alle Lieferungen für die maschinelle Ausrüstung des den Siemens-Schuckertwerken, A.-G., zur Gesamtausführung übertragenen Kraftwerkes der deutschen Industrie zugeführt werden konnten, ist besonders zu begrüßen. In einem späteren Aufsatz werden die elektrischen Einrichtungen behandelt werden. [B 1830]

Das Luftbildwesen — Bildauswertung

Von *P. Seliger, Vermessungsdirigent in der ehem. Königl. Preuß. Landesaufnahme a. D., Berlin-Lichterfelde*

Geschichtliche Rückblicke, Auswertegeräte für ebenes Gelände (Entzerrungsgeräte), Auswertegeräte für unebenes Gelände (Bildmeß-Theodolite und Kippregeln, stereoskopische Auswertegeräte), Zusammenfassung.

Nachdem ich in Heft 48 S. 1749 die Aufnahmegeräte des Luftbildwesens behandelt habe, will ich nunmehr auf die Auswertung eingehen.

Auswertegeräte für ebenes Gelände, Entzerrungsgeräte

Entzerren bedeutet, eine schräg nach unten gerichtete Luftbildaufnahme ebenen Geländes entweder so umzuzeichnen, daß eine geometrische Darstellung (Karte) entsteht, oder so umzuphotographieren, daß sie wie eine in ihrem Entstehungspunkte gedachte, senkrecht nach unten gerichtete Luftbildaufnahme erscheint. Die zweite der beiden Aufgaben, auch schiefe Projektion genannt, wurde von dem am 22. August 1911 verstorbenen österreichischen Marineoffizier und Topographen Theodor Scheimpflug mit dem Photoperspektographen gelöst, für den er ein Vorbild in dem Perspektographen des Architekten Ritter, gebaut etwa 1897 von Lechner (Müller), Wien, gehabt zu haben scheint.

Das Entzerren von Luftbildaufnahmen ebenen Geländes gewann im Kriege schnell Bedeutung. Zuerst entstanden teure Geräte, ähnlich dem Photoperspektographen. Der einsetzende Massengebrauch veranlaßte mich, auf einer Fliegerkonferenz am 22. Februar 1915 auch auf die einfachen Umzeichner hinzuweisen, Abb. 1 und 2. Die kleinen und billigen Geräte wurden alsbald sehr viel beschafft, und auch die einfachen Projektionsgeräte wurden noch für die schiefe Projektion eingerichtet[1]).

Neuzeitliche Entzerrungsgeräte entstanden erst nach dem Kriege, als leistungsfähige Gesellschaften begannen, Luftbildpläne für wirtschaftliche Zwecke herzustellen, also etwa nach dem Jahre 1919. Bei der Umzeichnung wendet man je nach Art der Aufnahme folgende Verfahren an:

a) Voraussetzung ist, daß Neigung und Kantung der Kammer bei der Aufnahme selbsttätig mit aufgezeichnet worden sind (etwa mit dem Niveau Jardinet oder kleinen Pendelzeigern, die schon beide vor dem Kriege bekannt waren). Man denke sich die Aufnahmekammer *a*, Abb. 2, an einer Säule *b* hängend, nach vorn in die Blickrichtung herumgeklappt und im drehbaren Plattenrahmen das Diapositiv *c* der Aufnahme liegend. Mit dieser Vorrichtung stellt man das Diapositiv auf dieselbe Neigung und Kantung ein, die bei der Aufnahme bestanden hatten. An der Stelle des Kammerobjektivs befindet sich eine kleine Öffnung *d*, durch die hindurch man im Diapositiv die Punkte A_1, B_1, C_1 erblickt. Zeichnet man nun auf dem Zeichenpapier dort, wo die Punkte A_1, B_1, C_1 zu liegen scheinen, die Punkte A_2, B_2, C_2, so ist $A_2B_2C_2$ die Entzerrung, also ein dem Naturdreieck ABC entsprechendes ähnliches und verkleinertes Dreieck. Setzt man die Höhe der Kammer über der Erde $ON = H$ und die Höhe der Kammer über dem Tisch $ON_1 = h$, dann ist der Maßstab der Entzerrung $A_2B_2C_2 = 1 : \frac{H}{h}$.

b) Zur äußeren Orientierung der Meßkammer sei bei der Aufnahme nichts gemessen, dagegen habe man ein Dreieck ABC auf der Erde vermessen, gut bezeichnet, so daß es auf dem Diapositiv *c* in den Punkten A_1, B_1, C_1 erkennbar sei. In diesem Falle zeichnet man das Dreieck ABC im gewünschten Kartenmaßstabe gleich $A_2B_2C_2$ auf Papier und verstellt dann Kammer, Plattenrahmen und Dreieck $A_2B_2C_2$ unter Beobachtung von *d* aus so lange, bis die Bildpunkte A_1, B_1, C_1 sich mit den Kartenpunkten A_2, B_2, C_2 decken. Dann kann man die übrigen Teile des Diapositivs auf dem Zeichenpapier wie im Falle a umzeichnen. Dieser Vorgang hat nicht nur Neigung und Kantung der Kammer ergeben, sondern auch den Standort N_1 gegenüber den Festpunkten A_2, B_2, C_2 (vergl. die Winkel α und β) und die Standorthöhe ON_1 im Kartenmaßstabe (vergl. die Winkel γ, δ und ε).

c) Die zu entzerrende Fläche sei zwar eben, die im Falle b) angenommenen Festpunkte liegen aber nicht in der Fläche, z. B. Abb. 2 Punkt B_2'. In diesem Falle stellt man den Höhenpunkt B_2' räumlich über B_2 dar, so daß $B_2'B_2$ gleich der Höhe des Turmkreuzes über der Straßenebene im Maßstabe des Planes ist, was man mit einem in der Höhe verstellbaren Tellerchen erreichen kann. Visiert man nun von O aus über die Festpunktbilder A_1, B_1', C_1, so müssen sich beim Einstellen der Kammer diese mit den Kartenpunkten A_2, B_2', C_2 decken. In dieser Aufstellung der Kammer gegenüber Festpunkten beliebiger Höhe liegt das Wesen des mechanischen Rückwärtseinschnittes im Raume.

Als Grundlage für das Umphotographieren, die schiefe Projektion, wendet man meistens die Fälle b)

[1]) Geräte der Firma Ica, Dresden.

Abb. 1. Umzeichner mit Pantograph.

Abb. 2
Umzeichner schematisch und das Wesen des mechanischen Rückwärtseinschnittes im Raume.
a Aufnahmekammer *b* Säule
Diapositiv *d* kleine Öffnung *e* Tischplatte

Abb. 3 (links)
Selbstfokussierendes Entzerrungsgerät mit großem Wirkungsbereich der optischen Anstalt Carl Zeiß, Jena.

Gewicht 975 kg. Der Stoff, der als Lichtabschluß zwischen Kondensator und Objektiv dient, ist abgenommen. Gegenseitige Einstellung der Bild- und Kartenebene bei verschiedenen Vergrößerungs- und Verkleinerungsverhältnissen; stets scharfe Abbildung der einen Ebene auf die andre, ohne daß hierfür irgendein Handgriff notwendig wäre. Die Scharfabbildung einer Ebene auf die andre ist völlig zwangläufig.
Mit dem Gerät kann man unmittelbar Filme und Platten der Größe 13×18 cm entzerren und gleichzeitig bis zum fünffachen Bildmaßstab vergrößern oder auf ein Drittel verkleinern. Bei der Entzerrung sind Nadirunterschiede bis 40° und Brennweiten der Aufnahmekammern zwischen 15 cm und 120 cm zulässig.

Abb. 4 (rechts)
Entzerrungsgerät nach Hugershoff der Firma Aerotopograph-G. m. b. H., Dresden, nur für angenäherte Senkrechtaufnahmen, dafür leicht (rd. 80 kg), zerlegbar und preiswert; für Platten und Filme bis $13 \times 18\ cm^2$ Größe.

Das Gerät verwendet man für Senkrechtaufnahmen mit Abweichung der Kammerachse von der Senkrechten bis zu 15°.
Es ist außer mit der allseitig neigbaren Projektionsfläche mit einer selbsttätigen Regelung des gegenseitigen Abstandes von Projektionsfläche, Linse und Plattenebene, entsprechend der einfachen Linsenformel, ausgerüstet, um die Bildfläche bei beliebiger Änderung des Maßstabes zu erhalten. Das Objektiv kann man um seinen optischen Mittelpunkt innerhalb der erforderlichen Grenzen neigen.

und c) des Umzeichnens an, nur tritt an die Stelle der Handarbeit die Photographie. Man denke sich die Kammer *a*, Abb. 2, um 180° herumgeklappt, also wieder so stehend, wie bei der Aufnahme, in *O* das Kammerobjektiv, auf das um 180° herumgelegte Diapositiv *c* von außen her Licht gegeben und die Tischplatte *e* im Dunklen liegend, so wird sich auf der Tischplatte die Projektion des Diapositivs zeigen, allerdings vollkommen unscharf.

Die scharfe Abbildung der schiefen Projektion erfordert eine Regelung der gegenseitigen Abstände von Tischebene, Objektiv und Diapositivebene, entsprechend der Linsenformel (Fokussierung), ferner das Eindrehen der Objektivblendenebene auf die Schnittlinie von Tischebene und Diapositivebene. Für die schiefe Projektion benutzt man nicht ein Objektiv von der Brennlänge der Aufnahmekammer, weil die Scharfzeichnung zu weit fort liegen würde, sondern ein Objektiv kleinerer Brennlänge.

Abb. 5
Bildmeßtheodolit für $13 \times 18\ cm^2$ Plattengröße und für Brennweiten bis 18 cm, Bauart Hugershoff.

Entzerrungsgeräte[2]) zeigen Abb. 3 und 4. Mit der einen Hälfte des Doppelprojektors, Abb. 6, könnte man auch Aufnahmen entzerren. Das Gerät ist für die Projektion genauerer Senkrechtaufnahmen, z. B. mittels der Gyrokammer[3]), bestimmt, weshalb das Objektiv fest eingebaut ist. Würde man das Gerät noch für die Entzerrung entsprechend den Gesetzen der schiefen Projektion einrichten, so wäre es sehr geeignet für Entzerrungen im Falle c).

Auswertegeräte für unebenes Gelände

Bildmeß-Theodolite und Kippregeln

Beliebig geneigt und verkantet aufgenommenen Luftmeßbildern kann man unmittelbar die auf den Aufnahmestandort bezogenen Wagerecht- und Senkrechtwinkel entnehmen, z. B. die Winkel α und β, Abb. 2, sowie die Winkel γ, δ und ε. Hierzu muß man die Aufnahmekammer mit einem Theodoliten oder mit einer Kippregel verbinden. Die Kammer besteht in diesem Falle aus einem Bildträger mit drehbarem Plattenrahmen, dessen Objektiv dem der Aufnahmekammer entsprechen muß. Mittels des Bildträgers erhält die Platte die gleiche Neigung und Kantung wie bei der Aufnahme; in dieser Stellung der Platte zielt man mit dem Winkelmeßinstrument durch das Bildträgerobjektiv hindurch die Punkte des Bildes an. Benutzt man zum Messen einen Theodoliten, so muß dessen senkrechte Drehachse und wagerechte Kippachse durch den vorderen Hauptpunkt des Bildträgerobjektivs hindurchgehen. Die eingestellten Richtungen werden am wagerechten und senkrechten Kreis abgelesen. Verwendet man als Winkelmeßgerät eine Kippregel, so muß man das Gerät ebenfalls mit dem Bildträger oder mit der Luftbildkammer selbst verbinden; die wagerechten Winkel werden dann durch das um das Standortlot ON_1, Abb. 2, drehbare Lineal (auch Nadirlineal genannt) graphisch dargestellt.

Im Jahre 1896 konstruierte K o p p e nach einer Idee von Porro den Bildmeß-Theodoliten[4]) und im Jahre 1909 Hauptmann G r i e s e l, einer meiner Schüler, eine Bildmeßkippregel, die aber wegen ihrer militärischen Wichtig-

[2]) Vergl. a. Selbstfokussierendes Entzerrungsgerät nach Aschenbrenner der Firma Photogrammetrie-G. m. b. H., München, s. Bd. 70 (1926) S. 927.
[3]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Heft 48 S. 1752.
[4]) Vergl. Prof. Dr. S a m e l, Das Koppesche Bildmeßverfahren und sein Einfluß auf die Entwicklung der photogrammetrischen Auswertegeräte. Zentral-Z. f. Optik und Mech. (1926) Nr. 11 bis 14.

keit weder patentiert noch bekanntgegeben wurde. Im Jahre 1917 konstruierte Prof. Dr.-Ing. Hugershoff für das Heer einen Bildmeß-Theodoliten, der bei der Firma Heyde, Dresden, in Arbeit gegeben wurde[5]).

Bei dem Bildmeß-Theodoliten für Platten von 13 × 18 cm² und für Brennweiten bis 18 cm, Bauart Hugershoff der Firma Aerotopograph, G. m. b. H., Dresden, Abb. 5, kann man den Bildträger um die wagerechte Achse von 0° bis 90° kippen, umlegen und durchschlagen. Die Platte ist drehbar und kreuzschlittenartig in ihrer Ebene verschiebbar. Das Objektiv des Bildträgers gleicht dem der Aufnahmekammer; sein vorderer Hauptpunkt liegt in der wagerechten Kippachse des Bildträgers, und mit demselben Hauptpunkt fällt auch der Schnittpunkt der Steh- und Kippachse des Theodoliten zusammen, dessen gebrochenes, vierfach vergrößerndes Fernrohr um seine Zielachse drehbar und durchschlagbar ist. Der Bildmeßtheodolit der optischen Anstalt Carl Zeiß, Jena, ist bereits in dieser Zeitschrift[6]) beschrieben.

Stereoskopische Auswertegeräte

In Deutschland sind sechs stereoskopische Auswertegeräte bekannt geworden, die auf folgenden Voraussetzungen beruhen: Die beiden stereoskopisch aufgenommenen Luftbilder ordnet man im Gerät so an, daß sie winkelmäßig zueinander und zur Konstruktions- oder Projektionsebene dieselbe Lage haben wie bei der Aufnahme zueinander und zur wagerechten Ebene. Mindestens drei Festpunkte müssen abgebildet sein, um einen mechanischen Rückwärtseinschnitt im Raum ausführen zu können. Die Luftbildaufnahmen werden durch eine einzige Person ausgemessen, und zwar beide Aufnahmen gleichzeitig unter Ausnutzung des stereoskopischen Eindrucks.

Die Aufstellung des Raummodells im Auswertegerät läßt sich in zwei Vorgänge zerlegen. Zuerst stellt man ein Raummodell dadurch her, daß man die beiden Aufnahmen gegeneinander so lange verschiebt, bis sie in allen doppelt gezeichneten Teilen stereoskopisch wirken. Dazu beobachtet man die Bilder freiäugig auf einer Projektionsfläche im Blinkverfahren (abwechselndes Aufleuchten und Verlöschen der beiden Projektionsbilder) oder durch die Projektion rot-grün und Betrachtung des Raumgebildes durch eine rot-grüne Brille (Anaglyphenverfahren) oder mittels Doppelfernrohres oder Doppelmikroskopes im Strahlengange. Sodann verbindet man das Raummodell der Aufnahmen mit dem Raummodell der gegebenen Triangulation.

Scheimpflug soll auch der Begründer der stereoskopischen Auswertegeräte sein. Er hat im Jahre 1897 auf dem Naturforscherkongreß in Braunschweig über die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und Plänen aus Photographien berichtet und über die Doppelprojektion folgendes gesagt[7]): „Gelänge es, diese Lichtstrahlen auf demselben Wege, auf dem sie gekommen, wieder von den Negativen zurückzusenden, so müßten sie sich wieder in jenen Punkten im Raume schneiden, von welchen sie ausgegangen sind.“ Ferner: „Das Objekt wird von den Strahlen rücktransformiert. Rückt man die beiden Negative, bevor das Licht durch sie zurückgesendet wird, einander näher, so wird dieses plastische Lichtbild entsprechend verjüngt sein. Ist man endlich auf irgendeine Weise in der Lage, die Schnittpunkte zusammengehöriger Strahlen im Raume festzuhalten, so ist die gestellte Aufgabe gelöst, und das Licht hat den Löwenanteil der Arbeit verrichtet. Hierzu dient am besten eine ebene Auffangfläche, die parallel zu sich selbst hin- und herbewegt werden kann. Fällt ein Schnittpunkt von zusammengehörigen Strahlen in diese Projektionsebene, so decken sich die von den beiden Negativen ausgehenden Bilder des bezüglichen Raumpunktes; fällt der Schnittpunkt vor oder hinter die Ebene, so sieht man zwei Bilder des fraglichen Punktes.“

Dann folgt u. a. die Mitteilung über einen praktischen Versuch mit zwei am Tische festgeschraubten Handkammern, mit denen das Modell eines Hauses photographiert worden war. Nachdem die entwickelten Platten in die

[5]) Vergl. Schweidnitz, Optische Rundschau (1926) Heft 45.
[6]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 897.
[7]) Photographische Korrespondenz (1898) Heft 450 S. 114.

I II III
RZ 1597 Z 6

Abb. 6
Doppelprojektor von Dr. M. Gasser der Aerogeodätischen Gesellschaft Dr. Gasser m. b. H., Kalkberge-Berlin.

stehengebliebenen Kammern zurückgelegt, von hinten durchleuchtet und das Hausmodell entfernt worden waren, soll die Doppelprojektion entstanden sein.

Mit dem Versuch Scheimpflugs war die oben erwähnte Raummodell-Aufstellung doch wohl noch nicht vollständig erfunden. Der für die stereoskopische Ausmessung von Luftbildern nicht minder wichtige Vorgang, das Raummodell der Aufnahmen mit dem Raummodell der gegebenen Triangulation zu verbinden, ist von Scheimpflug überhaupt nicht erwähnt worden; er ist ihm also wohl unbekannt gewesen. Ich habe auch von Scheimpflug und von seinem mit dem Luftschiff verunglückten Nachfolger Kammerer bei meinen Verhandlungen mit beiden nie etwas erfahren, was auf den unentbehrlichen mechanischen Rückwärtseinschnitt im Raume hingedeutet hätte.

Bei der optischen Anstalt Carl Zeiß ist von Dr. Sanders eine Zusatzeinrichtung für Luftbildaufnahmen zu dem vom österreichischen Hauptmann Ritter von Orel für terrestrische Photogrammetrie erdachten Stereoautographen[8]) erfunden und an dem Modell 1914 dieses Geräts angebracht worden. Die Konstruktion hat jedoch nicht zur vollständigen Lösung der Luftbild-Stereomessung geführt, weil beim Stereoautographen die beiden Aufnahmen nebeneinander in ein und derselben Ebene liegen, die oben gekennzeichneten Voraussetzungen also nicht erfüllt waren.

Dr. Max Gasser dagegen hat 1915 als erster zwei Geräte gebaut, um luftstereophotogrammetrische Messungen mechanisch durchzuführen, den Doppelprojektor für senkrecht nach unten gerichtete Aufnahmen, Abb. 6, und den vom

[8]) Z. Bd. 67 (1923) S. 895.

Abb. 7
Die Bildstrahlen werden durch Fernrohre (Photolotstäbe) aufgefangen.

Abb. 9
Kartograph (Stereoplanigraph) von Dr. M. Gasser.

Abb. 8
Die Projektionskammern hängen, so daß die Fernrohre in eine Linie, die Einblicke nebeneinander kommen.

Abb. 7 und 8
Übergang vom Doppelprojektor, Abb. 6, zum Kartographen, Abb. 9.

oppelprojektor abgeleiteten Kartographen (auch Stereoanigraph genannt) für beliebig gerichtete Aufnahmen, bb. 7 bis 9[9]).

Der Doppelprojektor von Dr. M. Gasser[10]) der erogeodätischen Gesellschaft Dr. Gasser m. b. H., Kalkerge-Berlin, Abb. 6, ist dazu bestimmt, genauere Senkrechtufnahmen auszuwerten. Beide Projektionsgeräte hängen nter der Zimmerdecke an Vorrichtungen, und zwar nicht nkrecht, sondern wagerecht, was man mittels zweier Abnkungsspiegel ausgeglichen hat. Die Doppelprojektion rgibt über der wagerechten Zeichenebene ein Raumgebilde Modell) der Landschaft, das man jedoch nur bei der ereoskopischen Projektion (rot-grün, Anaglyphenverhren) oder durch ein Blinkverfahren sehen kann. Vor der instellung werden die drei Festpunkte durch in der Höhe rstellbare Tellerchen räumlich über der Zeichenfläche darestellt, wozu sie oben eine scharfe Marke, senkrecht darnter einen Schreibstift haben. Auf den Platten schneiden ch die Verbindungslinien der Festpunkte scharf ein. ei der Projektion rot-grün werden die Geräte nachgestellt nd der Zeichenbogen mit den Tellerchen auf dem Zeichensche so lange verschoben, bis die grün-roten Verbindungslinien der Festpunkte zu einer einzigen schwarzen zusammenfallen.

Mit der Marke eines Tellerchens kann nun das Raumgebilde abgetastet werden, während unten der Stift zeichnet. Bleibt beim Abtasten die Höhe des Tellerchens die gleiche, so zeichnet der Stift eine Höhenschichtlinie. Wird die Doppelprojektion durch abwechselndes Aufleuchten und Auslöschen (Blinken) der beiden Bilder ausgeführt, so werden immer diejenigen Raumpunkte mit der Tellermarke angetastet, die auf dem Teller nicht hin- und herspringen, also stillstehen. Mittels einer mit drei Ausschnitten versehenen, im Strahlengange umlaufenden Drehscheibe kann man erreichen, daß sich der ganze Verlauf der Höhenschichtlinie auf einmal auf dem Teller aus seiner Umgebung heraushebt. Kommen große Höhenunterschiede zur Projektion, so müßten die Objektive wohl für Projektion auf verschiedene Entfernungen entsprechend eingerichtet werden.

Mit dem Kartographen von Dr. M. Gasser[11]), Abb. 7 bis 9, wie erwähnt auch Stereoplanigraph genannt, kann man beliebig gerichtete Luftbildstereogramme auswerten. Das Gerät ist von dem Doppelprojektor, Abb. 6, unter dem Gesichtspunkt abgeleitet, daß an Stelle der dort von allen Seiten her möglichen freiäugigen Betrachtung der Doppelprojektion beim Ausmessen die nur in Richtung der Lichtstrahlen mögliche Doppelfernrohr-Beobachtung tritt. Abb. 7 zeigt, wie die Bildstrahlen des Doppelprojektors durch Fernrohre (damals Photolotstäbe genannt) aufgefangen werden, Abb. 8 die Projektionskammern hängend, so daß die Fernrohre in eine Linie, die Einblicke also nebeneinander kommen, und Abb. 9 zeigt das System Abb. 8, nachdem es um 90° umgelegt, die Projektionsebene also senkrecht gestellt worden ist.

Im gebrauchsfertigen Gerät hat man die beiden Fernrohre zu einem Doppelfernrohr mit drehbaren und bildaufrichtenden Prismen (Verbindungsoptik genannt) ausgebildet, mit denen in die Bildträger (Projektionskammern) stereoskopisch hineingezielt wird. Die Bildträger, in denen die Platten liegen, drehen sich im vordern Hauptpunkt des Objektivs um eine senkrechte Achse, beim Zielen nach oben und unten noch um eine wagerechte Achse, was auch durch Drehung der Fernrohrprismen ersetzt werden kann. Diese Einrichtungen können als Bildmeßkippregeln angesehen werden; denn sie nehmen je ein um das Standortlot, ON_1, Abb. 2, drehbares Lineal (Nadirlineal) mit, die beide ausziehbar sind und im Schnittpunkt einen den Grundriß zeichnenden hohen, senkrecht stehenden Zeichenstift halten. Die eingestellte Höhe wird an der Teilung des Zeichenstiftes abgelesen. Wird die Höhe gekuppelt, so daß sie am Zeichenstift immer gleich erscheint, so zeichnet der Stift eine Höhenschichtlinie. Beim Einstellen eines Bildpunktes sieht man auch gleichzeitig den Zeichenstift, wodurch die Führung der Lineale überwacht werden kann. Da das Gerät bis jetzt infolge der Kriegswirren nicht

[9]) Daß ich die Pläne und Vorschläge Dr. Gassers als außerorentlichen Fortschritt der Luftbildmessung gebührend würdige, wird erständlich sein, wenn man die Übereinstimmung der in Gassers eräten liegenden Auffassung vom Winkelmessen mit den von mir eschriebenen elementaren topographischen Winkelbegriffen, (vergl. bb. 27, 28, 49, 50 und 55 meines Buches: „Die stereoskopische Meßethode in der Praxis", Berlin 1911, Julius Springer) sowie mit Abb. 2 eser Arbeit und den Vorschlägen meines Schülers Griesel beachtet. ie Zeit war für Dr. Gasser aber sehr ungünstig. Ich befand mich, ie erwähnt (Z. Bd. 72 (1928) S. 1750), bereits in der allerschwierigsten enstlichen Lage und konnte nicht mehr viel für die Sache tun. h hatte eben noch zu einem ersten praktischen Versuch auf dem öberitzer Schießplatz bei Berlin einige Festpunkte vermessen und ezeichnen lassen, da wurde ich — Mai 1916 — meines Amtes entoben, womit auch Dr. Gassers Schicksal besiegelt war. Letzterer onnte zwar noch am 2. August 1916 durch Unterstützung des Hauptanns Bode und Führers des Zeppelinluftschiffs L Z 72 die in bb. 8, Z. Bd. 72 (1928) S. 1752, dargestellten Aufnahmen machen; och hat man die Aufnahmen nicht mehr ausgewertet, weil die Geräte ilitärisch beschlagnahmt worden waren (s. Deutsche Erfinder-Zeitung 919) Nr. 5 S. 3). Von einer Ausgestaltung des Gasser-Verfahrens beim eere, die man vermuten könnte, hat man indessen nichts erfahren.

[10]) Dr. M. Gasser, Die Aerokarte von Kalkberge, Kalkbergeerlin 1926, Franz Müller, und Der fliegende Landmesser, „Wissen und ortschritt" 1927 Heft 8.

[11]) DRP Nr. 306385 Kl. 42 c Gr. 9, 20. 4. 1915.

Abb. 10
Autokartograph von Prof. Dr.-Ing. Hugershoff.

vollendet worden ist, kann man vom Standpunkte der Praxis aus über die in ihm liegenden Werte noch nichts sagen.

Weitere Fortschritte im Bau der stereoskopischen Auswertegeräte zeigten sich erst einige Jahre nach dem Kriege. Bekannt wurden der Autokartograph von Prof. Dr.-Ing. Hugershoff (1920), der Stereoplanigraph von Dr. Bauersfeld (1923), der Aerokartograph von Prof. Dr.-Ing. Hugershoff (1926) und ein Auswertegerät von General Dr.-Ing. E. h. v. Bertrab (1928).

Der Autokartograph von Prof. Dr.-Ing. Hugershoff der Aerotopograph-G. m. b. H., Dresden[12]), Abb. 10 bis 12, dient zur Auswertung beliebig gerichteter Luftbild- und terrestrischer Stereogramme und kann als die Verbindung eines stereoskopischen Fernrohrs mit zwei Bildmeßkippregeln gekennzeichnet werden. Die Bildträger drehen sich um senkrechte Achsen und nehmen dabei die Kippregel-Lineale a_1 und a_2, Abb. 11, mit, in deren gedachtem Schnittpunkte S die wagerechte Projektion des eingestellten Punktes liegt. Zum Zielen nach der Höhe dienen die um wagerechte Achsen drehbaren Vorsätze des Doppelfernrohres, welche die Höhenlineale a_1' und a_2' bewegen, was eine graphische Darstellung der beiden rechtwinkligen Höhendreiecke $C_1'A_1D_1$ und $C_2'A_2D_2$ zur Folge hat. Man kann das Gerät auf gleichbleibende Höhenunterschiede feststellen; es liefert dann Höhenschichtlinien. Auch können mit ihm beliebige Profile maßstabgetreu unmittelbar aus dem Stereogramm herausgezeichnet und schließlich auch plastisch wirkende Karten selbsttätig und gleichsam als Nebenerzeugnis gewonnen werden. Das Gerät zeichnet doppelt, und zwar auf einer Tischfläche und einer vor dem Beobachter sich drehenden Walze.

Der Stereoplanigraph von Dr. Bauersfeld der optischen Anstalt Carl Zeiß, Jena[13]), Abb. 13, ist inzwischen erheblich verbessert worden. Mit dem Gerät wertet man beliebig gerichtete, von der Erde und aus der Luft aufgenommene Stereogramme aus. Das schwer verständliche Gerät ist nach meiner Ansicht ein Doppelpr jektor für beliebig gerichtete Au nahmen und für ein bewaffnet Augenpaar, bei dem die di vor dem Beobachter senkrec und in Front gelegene, nic sichtbare Projektionsebene m der Raum-Tastmarke in Richtu links—rechts bestrichen wird.

Die Beobachtung der in ihre Abstand voneinander gleic bleibenden Markenbilder bei ihr gemeinsamen Bewegung links-rechts von den beiden feststehe den Okularen des Doppelmikr skops aus erfordert die beid knieförmigen Gelenke, Abb. 1 Die beiden anderen Raumkoord naten werden durch Verschiebun des in sich geschlossenen Doppel Projektionssystems gemessen, un zwar durch Bewegung an eine senkrechten Säule (wodurch i der unsichtbaren senkrechte Projektionsebene die zweit Raumkoordinate, senkrecht zu Doppelmarkenbewegung, gefun den wird) und durch Bewegung auf einem wagerechten Balken (auf dem sich das Projektionssystem von der Projektionsebene entfernen kann, also z. B. bei Luftbild aufnahmen die Höhe des Flugzeugs über der wagerechten Ebene angegeben wird). Dementsprechend gibt das Gerä die Lage des gemessenen Punktes zunächst ziffernmäßi in Raumkoordination, die dann durch eine Übertragun auf einen Zeichentisch nach Belieben in graphische Dar stellungen umgesetzt werden.

Die Verbesserungen des Gerätes seit dem Jahre 1923 sind:

Abb. 11
Autokartograph, Abb. 10, schematisch, von oben.

Abb. 12
Autokartograph, Abb. 10, schematischer Längsschnitt.

[12]) Prof. Dr.-Ing. Hugershoff, „Die Photographie und ihre Anwendung auf Flugzeugaufnahmen, Geograph. Anzeiger (1920) Heft 1 und 2.
[13]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 897.

Die optischen Kardangelenke des Betrachtungssystems sind, Abb. 13, durch optische Spiegellenker ersetzt, wodurch man das optische Betrachtungssystem sehr vereinfacht und bedeutend verbessert hat. Die Steuerung der Brennweiten des zum Bildkammerobjektiv gehörigen optischen Zusatzsystems ist von der Seite der Bildkammern über die Bildkammern verlegt worden, wodurch der Aufbau des ganzen Gerätes gedrängter und gefälliger geworden ist (Abb. 13 zeigt noch die ältere Anordnung).

Bei der Ausmessung von Filmen trat bisher eine Verzeichnung dadurch ein, daß die Filme in den Bildkammern von hinten gegen eine planparallele Glasplatte gedrückt werden mußten. Diese Verzeichnung wird jetzt durch ein entsprechend berechnetes Bildkammerobjektiv wieder aufgehoben.

Abb. 13
Stereoplanigraph von Dr. Bauersfeld, Carl Zeiß, Jena.

Der Aerokartograph von Professor Dr.-Ing. R. ugershoff der Aerotopograph-G. m. b. H., Dresden, Abb. 14 s 18, ist eine bedeutsame Weiterentwickelung des Autortographen, Abb. 10; das Gerät ist einfach, klein, leicht d arbeitet sehr genau. An Stelle der vier, die Grund- und Aufrißprojektionen der bestimmenden Zielstrahlen wiedergebenden Lineale werden nur zwei räumliche Lenker benutzt, durch die die Zielstrahlen unmittelbar verkörpert werden. Die Richtungen der Lenker werden auf die optischen Teile des Gerätes durch äußerst einfache Vorrichtungen, Abb. 16, übertragen. Ein großer Fortschritt liegt darin, daß das Beobachtungsfernrohr die Verwendung von Meßbildern verschiedener Bildmaßstäbe zuläßt. Durch Umlegen eines Hebels wird dem linken Auge das rechte Bild und dem rechten Auge das linke Bild zugeführt, *d* in Abb. 17 und 18. Das ist bei Reihenbildaufnahmen aus der Luft, die in den übergreifenden Teilen stereoskopisch sind, von größter praktischer Bedeutung.

Abb. 14
Aerokartograph von Prof. Dr.-Ing. R. Hugershoff.

Hat man das erste Stereogramm gemessen, so kann die eine der Platten in der Justierung unberührt liegen bleiben. Beim zweiten anschließenden Stereogramm ist dann nur noch die leicht zu bewirkende gegenseitige Orientierung der dritten Platte gegen die festliegende auszuführen, wodurch ohne weiteres das zweite Stereogramm an die Festpunkte des ersten angeschlossen ist. So läßt sich eine gewisse Strecke ohne Triangulationspunkte überbrücken. Natürlich können mit diesem Gerät auch terrestrische Stereogramme ausgemessen werden. Das Gerät zeichnet, wie beim Autokartograph, doppelt, und zwar auf der im Tische des Gerätes liegenden ebenen Zeichenfläche und auf der unter den Okularen liegenden Walze.

Das Auswertegerät von General Dr.-Ing. E. h. von Bertrab ist ein Doppelprojektor, ähnlich dem bereits beschriebenen von Dr. M. Gasser[14]).

Zusammenfassung

Die Aufnahme- und Auswertegeräte für das Luftbildwesen haben einen erstaunlichen Grad von Vollkommenheit erreicht und doch dürfte damit die Entwicklung des Luftbildwesens noch nicht abgeschlossen sein. Ich darf nur daran erinnern, daß alles jetzt auf diesem Gebiet Bestehende beruht auf der erwähnten Voraussetzung des Vorhandenseins einer verhältnismäßig dichten Triangulation. Spricht man aber allgemein vom Luftbildwesen, so schweifen die Gedanken zuerst zu den noch nicht kartierten und unerforschten Teilen der Erdoberfläche, wo von Triangulation meist keine Spur zu finden ist. Es bieten sich in dieser Richtung verschiedene Ent-

[14]) Vergl. Technische Rundschau Nr. 8 des Berliner Tageblatts v. 22. Febr. 1928.

Abb. 15 (zu Abb. 14).
Bildträger für Platten bis 18 cm Seitenlänge und Bildweiten von 12 bis 21 cm.

Abb. 16 (zu Abb. 14).
Übertragung der Bewegungen des Raumlenkers *a* mittels des Zwischenkörpers *b* auf die Kippung des Eintrittsspiegels *c* und die Drehung des Bildträgers *d* um die senkrechte Achse *e*.

wicklungsmöglichkeiten, unter denen die Bemühungen um Einschränkung der Triangulation zu erwähnen sind, wie sie in den Aufnahmegeräten[15]), im Auswertegerät von Prof. Dr.-Ing. Hugershoff, Abb 14, und in den von Kapitän Boykow geführten Versuchen der Firma Aerogeodetik, Berlin-Zehlendorf[16]) zum Ausdruck kommen. Auch auf die große Basis der neueren Zeppelin-Luftschiffe sollte man sich zurückbesinnen. Heute brauchten die Meßgeräte nicht mehr neben den Motoren zu stehen, wie wir es im Jahre 1908 machen mußten[17]).

Allen denen, die mir ihre Erfahrungen und Unterlagen so freundlich zur Verfügung gestellt haben, sei auch an dieser Stelle gedankt.

[15]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1754.
[16]) Vergl. „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften“ Bd. 9 (1927) S. 93.
[17]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1754.

a Eintrittsreflektor
b Meßmarke
c Drehachse
d Umkehrprisma
e Linkes Okular

Abb. 17 (zu Abb. 14).
Das linke Beobachtungs-Periskop.

Abb. 18 (zu Abb. 14).
Umkehrung des Stereoeffekts durch den Hebel *a*, wodurch dem linken Auge das rechte und dem rechten Auge das linke Bild zugeführt wird.

Literatur:

Die Literatursammlung der Bildstelle des Preußischen Ministeriums fü[r] Handel und Gewerbe, Berlin W 9, Leipziger Str. 2, Leiter Dr.-In[g.] Ewald. Die Werke werden kostenlos verliehen.
Die Zeitschrift „Bildmessung und Luftbildwesen“, Liebenwerda, Prov[.] Sachsen, R. Reiß G. m. b. H.
Hauptmann Scheimpflug, Die technischen und wirtschaftlichen Chance[n] einer ausgedehnten Kolonialvermessung. Denkschrift der ersten Internat[.] Luftschiffahrts-Ausstellung (Ila) zu Frankfurt a. M. 1909, Bd. 1, Juliu[s] Springer, Berlin.
Prof. Dr. O. v. Gruber, Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raume[.] Jena 1924, Gustav Fischer.
Prof. Dr. Samel, Bonn, Neues auf dem Gebiete der Photogrammetrie[,] namentlich der Luftphotogrammetrie. Geodätische Woche Köln 1925[.] Stuttgart, Konrad Wittwer.
Dr. C. H. Pollog, Neues aus dem Gebiete der Photogrammetrie, Z. Bd. 7[0] (1926) S. 927.
Dr. M. Gasser, Über mechanische Orientierung von Luftbildaufnahmen[.] Aerokarte von Kalkberge-Berlin 1926, Franz Müller.
O. Koerner, Zeichnerische Neupunktbestimmung nach Fliegerbildern eine[s] bergigen Aufnahmegeländes. Artilleristische Rundschau 1926 Heft 3[.]
Prof. Dr. O. v. Gruber, Stuttgart, Über den Bau von Entzerrungsgeräten[.] „Bildmessung und Luftbildwesen“ 1927 Heft 1.
Dipl.-Ing. Cl. Aschenbrenner, Über Verwendung von Entzerrungsgeräte[n] zur kartographischen Darstellung von geeignetem Gelände aus Flugzeug[-] aufnahmen, Z. f. Instrumentenkunde Bd. 47 (1927) Heft 12 S. 568.
P. Seliger, Das photographische Meßverfahren: Photogrammetrie. „Er[-] gebnisse der exakten Naturwissenschaften“ Bd. 5 (1926) S. 47 un[d] Bd. 6 (1927) S. 279.
Kurd Slawik, Die wirtschaftlichen Grundlagen der Luftbildmessung[.] Allgemeine Vermessungsnachrichten 1928 Heft 8.
Dr. H. Sarnetzky, Grundzüge der Luft- und Erdbildmessung. Berlin 1928[,] Gebr. Bornträger.
Prof. Dr. O. v. Gruber, Stuttgart, Über Nadirtriangulation, soll 1929 i[n] Heft 1 der technischen Vermessungs-Rundschau erscheinen.

Die Schmidt-Hochdrucklokomotive

Die bisherigen Versuchsergebnisse

Von Prof. H. Nordmann, Berlin

Versuchsfahrten im Anlieferungszustand. Auswahl der Strecke. Versuchsanordnung. — Ergebnisse 1927: Ungleichmäßige Druckverteilung in den Heizelementen; große Leistungsfähigkeit der mittelbaren Beheizung; Temperatur des Niederdruckdampfes noch etwas niedrig; Wärmeverbrauch im Dampf 7 bis 12 vH günstiger als bei neuen Einheitslokomotiven; Anteil des Hochdruckdampfes etwa 60 vH; Kesselwirkungsgrad etwas niedriger als beim Regelkessel. Einfache Bedienung. — Versuchsfahrten 1928 mit Bremslokomotive durchgeführt: 60 at bei vereinigten Heizelementen erreicht; Dampftemperaturen verbessert; höherer Kesselwirkungsgrad; Kohlenverbrauch 8 vH geringer als 1927. Ersparnis gegen die ursprüngliche S 10_2-Lokomotive 25 vH. Dampfdruckschaulinien, Arbeitsverteilung auf die Zylinder. Höhere Streckenleistungen. Ausblick auf die bevorstehenden Versuche.

Mit der Schmidt-Hochdrucklokomotive (Zweidrucklokomotive) liegen zwei Versuchsreihen vor, und zwar die erste mit der Lokomotive im Anlieferungszustand, die zweite nach dem geschilderten Umbau der Wasserrohr-Feuerbüchse[1]). Die Versuche wurden sehr erschöpfend und sorgfältig vom Lokomotivversuchsamt Grunewald ausgeführt und ausgewertet; die wesentlichen Ergebnisse sind im folgenden wiedergegeben.

Die Versuchsfahrten im Anlieferungszustand

fanden im Februar und März 1927 mit dem Meßwagen 1 auf der Strecke Wildpark – Magdeburg und weiterhin Wildpark – Köthen statt. Diese Strecke bot den Vorteil, zugleich 20 t Achsdruck zuzulassen und überwiegend eben und ohne starke Krümmungen zu verlaufen, so daß auch bei Belastung der Lokomotive durch einen angehängten Zug mit nur mäßigen Zugkraft- und Leistungsschwankungen gerechnet zu werden brauchte. Das Verfahren, die Versuchslokomotive durch eine Lokomotive mit Riggenbachbremse zu belasten, die also den größten Teil der Lokomotivarbeit in Verdichtungsarbeit umsetzt, befand sich damals selbst für langsamfahrende Lokomotiven noch im Anfangzustand und hätte für schnellfahrende überhaupt noch nicht durchgeführt werden können, weil die Reichsbahn damals eine mit Gegendruckbremse ausgerüstete Schnellzuglokomotive (als Last) noch nicht besaß. Die für den zu untersuchenden Beharrungszustand so wichtige gleichmäßige Beanspruchung mußte also in der Strecke selbst gegeben sein; die Versuchsfahrten wurden sehr bald über Magdeburg hinaus bis Köthen ausgedehnt, um das Fehlerglied der Kohlenmessung noch zu verkleinern. Dieser Vorteil wurde freilich teilweise durch das langsame Durchfahren des Hauptbahnhofs Magdeburg aufgewogen (vergl. Abb. 2), wozu in einigen Fällen noch Langsamfahrstellen hinzukamen. Dem Fahrplan war eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 80 km/h zugrunde gelegt; im eigentlichen Beharrungszustand mußte zum Ausgleich der Anfahr- und Bremsperiode sowie der Steigung zwischen Burg und Magdeburg und der Langsamfahrstellen mit rd. 90 km/h gefahren werden.

Die Versuchsanordnung

Wegen der angewandten Meßeinrichtungen darf nur die Literatur[2]) verwiesen werden; nur das mag hier hervorgehoben werden, daß sich die umfassende thermometrische Einrichtung unsrer Lokomotiv-Meßwagen gerade bei der Zweidrucklokomotive mit ihrer erhöhten Zahl von Temperaturmeßstellen wieder als sehr vorteilhaft erwies, während bei den übrigen bekannten Lokomotiv-Meßwagen die dynamometrische Einrichtung etwas einseitig bevorzugt ist.

Die Anbringung der Indikatoren und ihre Bedienung vom Führerstand aus — mechanische Steuerung der Umschalthähne mit einem einzigen Zug und elektrische Betätigung des Schreibzeugs einerseits und des Papiervorschubes anderseits, wieder gleichzeitig für alle Indikatoren — bot das gewohnte Bild. Ebenso unterschied sich die Messung der Rauchkammertemperaturen und der Unterdrücke in Rauchkammer, Feuerbüchse und Aschkasten in nichts vom Regelfall. Für die erhöhte Zahl der zu beobachtenden Drücke hatte die Erbauerin Henschel & Sohn mit Rücksicht auf die Erstausführung der Lokomotive die entsprechenden Druckmesser schon selbst vorgesehen, insbesondere auch für die sechs einzelnen Heizelemente. Die Wasser- und Dampftemperaturen wurden — bis auf die aus dem beobachteten Druck ohne weiteres folgenden Naßdampftemperaturen im Kessel — mit Hilfe von Widerstandsthermometern, die im Meßwagen nach dem Grundsatz der Wheatstoneschen Brücke ablesbar sind, festgestellt.

Die Anordnung der Meßstellen ist in Abb. 1, die gleichzeitig ein Schaltbild der Lokomotive darstellt, wiedergegeben. Die Niederdruck-Speisepumpe fördert zunächst aus dem Tender das gesamte Speisewasser, das als späterer Hochdruckdampf, Niederdruck-Zusatzdampf und Pumpendampf in der Abbildung kenntlich gemacht ist, durch die Wasseruhr 1 und über das Thermometer 1 in den Abdampfvorwärmer. Die Temperatur des vorgewärmten Speisewassers wird mit dem Thermometer 2 gemessen; von hier fließt das Wasser dem Niederdruckkessel zu. Aus dem Niederdruckkessel wird der größere Teil des Wassers durch die Hochdruck-Speisepumpe in den

Abb. 1
Anordnung der Meßstellen auf der Lokomotive.

ND-Sp Niederdruck-Speisepumpe
HD-Sp Hochdruck-Speisepumpe
Wm_1 Wasseruhr 1
Wm_2 " 2
T_1 bis T_7 Thermometer 1 bis 7
Vw Abdampfvorwärmer
NDK Niederdruckkessel
HDK Hochdruckkessel
NDÜ Niederdruck-Überhitzer
HDÜ Hochdruck-Überhitzer
NDZ Niederdruckzylinder
HDZ Hochdruckzylinder

Hochdruckkessel gefördert, wobei die Wasseruhr 2 diesmal in die Saugleitung eingeschaltet ist, um sie nicht dem hohen Druck von 60 at auszusetzen. Der Hochdruckdampf strömt dann durch den Hochdruck-Überhitzer und tritt nach Bestreichen des Thermometers 3 in den Hochdruckzylinder ein. Die Temperatur beim Austritt wird mit dem Thermometer 4 vor den Vereinigungsstellen mit dem Niederdruck-Zusatzdampf gemessen. Dieser Zusatzdampf durchströmt zuvor den Niederdrucküberhitzer, dessen Wirksamkeit von dem Thermometer 5 festgestellt wird; das Gemisch der beiden Dämpfe, die nun also bis auf die kleinen Spannungsabfälle gleichen Druck aufweisen, fließt mit der am Thermometer 6 abgelesenen Mischtemperatur den beiden Niederdruckzylindern zu. Die Niederdruckzylinder geben ihren Auspuffdampf mit der Temperatur 7 zum größten Teil als Auspuffdampf zum Blasrohr ab, den kleineren Teil an den bereits erwähnten Abdampfvorwärmer. Eine Vermehrung der Versuchsausrüstung gegenüber derjenigen der Regellokomotive bildet vor allem die Wasseruhr 2, die die wichtige Aufgabe zu erfüllen hat, den Anteil des Hochdruckkessels, als des Trägers des eigentlichen wärmewirtschaftlichen Fortschritts, an der Gesamtdampferzeugung festzustellen.

Der Dampfverbrauch der Luft- und Speisepumpen wurde wie immer mittelbar derart gemessen, daß die Pumpen mit Hubzählern ausgerüstet wurden, wobei man den Dampfverbrauch für den einzelnen Hub bei den Regel-

[1]) Vergl. Wagner, „Die Schmidt-Hochdrucklokomotive, Entwicklung und Bauart" Z. Bd. 72 (1928) Nr. 43 S. 1531.

[2]) Vergl. Nordmann, „Die Lokomotivmeßwagen der Deutschen Reichsbahn", „Organ" Bd. 81 (1926) S. 397.

Zahlen-

Versuchsfahrten und

Nr.	Tag	Gesamtgewicht des Versuchszuges	Strecke Wp Wildpark Mg Magdeburg Cn Cöthen	Mittlere Füllung	Gesamtfahrt: Entfernung	Gesamtfahrt: Fahrzeit	Gesamtfahrt: Mittlere Geschwindigkeit	Fahrt unter Dampf: Weg	Fahrt unter Dampf: Fahrzeit	Fahrt unter Dampf: Mittlere Geschwindigkeit	Fahrt unter Dampf: Mittlere Zugkraft am Zughaken	Fahrt unter Dampf: Mittlere Leistung am Zughaken	Fahrt unter Dampf: Mittlere Steigung	Fahrt unter Dampf: Steigungsleistung der Lokomotive	Fahrt unter Dampf: Gesamtleistung am Zughaken auf der Wagerechten	Mittlerer Dampfüberdruck: Wasserrohrkessel, Element	2	3	4	5	6	Mittelwert der 6 Elemente	Hochdruck: Kessel	Hochdruck: Schieberkasten
	1927	t		vH	km	min	km/h	km	min	km/h	kg	PS	vT	PS	PS	at	at	at	at	at	at	at	at	at
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	3. 3.	461	Wp—Mg	27	112,1	83,2	80,9	109,8	80,6	81,8	2638	798	0,17	7,00	805	70,0	76,0	76,0	87,0	80,0	74,5	77,2	54,3	51,2
2	5. 3.	650	Wp—Cn	38	162,1	122,0	79,7	156,1	114,6	81,7	3680	1113	0,28	11,8	1125	65,0	71,0	72,0	87,0	80,0	72,0	74,5	47,8	44,3
3	8. 3.	515	Wp—Cn	30	162,1	121,0	80,4	157,7	116,1	81,4	2820	850	0,28	11,7	862	66,0	73,0	75,0	89,0	81,0	74,0	76,3	50,6	47,6
4	8. 3.	515	Cn—Wp	24	162,1	130,0	74,9	158,9	125,5	76,4	2124	601	0,28	11,0	590	67,0	73,0	76,0	89,0	75,0	69,0	74,8	52,6	49,5
5	10. 3.	470	Wp—Cn	26	162,1	119,0	81,8	157,0	112,8	83,6	2455	760	0,28	12,0	772	65,0	73,0	74,0	88,0	78,0	70,0	74,6	53,3	48,3
6	10. 3.	470	Cn—Wp	20	162,1	131,5	74,0	158,2	128,0	74,2	1840	500	0,28	10,7	489	67,0	72,0	76,0	90,0	77,0	68,0	75,0	54,1	51,3
7	12. 3	683	Wp—Cn	38	162,1	117,0	83,1	155,3	108,2	86,2	3360	1072	0,28	12,4	1084	64,8	72,5	74,3	93,0	81,8	73,2	76,6	46,8	43,3
8	12. 3.	683	Cn—Wp	32	162,1	120,5	80,8	157,4	116,0	81,4	2940	889	0,28	11,7	877	69,7	76,8	79,0	101,0	88,8	78,8	82,4	52,1	49,5
9	26. 3.	772	Wp—Cn	44	162,1	121,5	80,0	155,5	114,1	81,8	4435	1343	0,28	11,8	1355	68,0	77,0	77,0	104,0	88,0	73,0	81,1	46,3	43,1

Zahlentafel 1

Nr.	Dampfverbrauch der Lokomotive: Gesamtdampfverbr. für 1 PSh am Zughk.	Dampfverbrauch der Lokomotive: Gesamtdampfverbr. für 1 PSh a. Zhk. bez. a.d. Eben.	Dampfverbrauch der Pumpen: Luftpumpe	Dampfverbrauch der Pumpen: Speisewasserpumpen	Dampfverbrauch der Lokomotive: Nach Abzug des Pumpendampfes	Dampfverbrauch der Lokomotive: f. 1 PSh a. Zugh. bez. a.d. Ebene n. Abzug des Pumpendampf.	Kohlenverbrauch (Heizw. 7090 kcal/kg): im ganzen	Kohlenverbrauch: für 1 m² Rostfläche in 1 h*)	Kohlenverbrauch: für 1 PSh am Zughaken auf der Wagerechten	Verdampfzahl	Rauchgasanalyse: CO_2	Rauchgasanalyse: CO	Rauchgasanalyse: O_2	Rauchgasanalyse: H_2	Luftüberschußzahl
	kg/PS h	kg/PS h	kg	kg	kg	kg/PS h	kg	kg/m²h	kg/PSh		vH	vH	vH	vH	
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
1	8,3	8,24	141	460	8307	7,68	1255	367	1,16	7,1	11,8	0,4	6,6	0,4	1,46
2	7,72	7,65	202	818	15423	7,18	2400	478	1,12	6,85	11,2	1,2	6,6	0,4	1,46
3	8,38	8,26	168	695	12917	7,74	1700	341	1,02	8,10	12,2	0,0	7,0	0,0	1,5
4	9,20	9,36	177	590	10784	8,74	1622	303	1,32	7,12	12,8	0,4	6,0	0,0	1,4
5	8,45	8,33	157	609	11329	7,80	1465	299	1,01	8,25	12,0	0,2	7,2	0,2	1,52
6	10,05	10,31	181	568	10011	9,60	1348	249	1,29	7,99	12,4	0,2	7,0	0,1	1,50
7	7,8	7,71	177	746	14155	7,24	2059	427	1,05	7,34	11,6	0,2	6,6	0,1	1,46
8	8,14	8,24	114	704	13164	7,76	1970	397	1,16	7,10	12,6	0,2	6,4	0,2	1,44
9	7,46	7,41	252	919	17929	6,96	2827	565	1,10	6,76	10,8	0,4	7,4	0,1	1,54

*) auf Gesamtfahrzeit bezogen.

pumpen bereits kannte, bei der Hochdruck-Speisepumpe durch besondere Vorversuche feststellte. Auf eine besondere Messung der kleinen Nebenverbrauchmengen wie Pfeifendampf oder Spritzwasser für die Kohle wird wegen ihres sehr geringen Anteils verzichtet; selbst der — berücksichtigte — Dampfverbrauch der Luftpumpe ist bei selten haltenden Zügen und bei leidlichem Wetter, bei dem der Druckluftsandstreuer nicht oder selten benutzt wird, geringfügig.

Die Versuchsergebnisse 1927

Die Zahlentafel 1 zeigt die Ergebnisse der Versuche, wobei eine Reihe weniger wichtiger Spalten um so mehr fortgelassen sind, als ohnehin die Zahl der beobachteten Größen, namentlich der Drücke und Temperaturen, diejenigen der Regellokomotive weit übersteigt.

Ein wesentliches Interesse beansprucht naturgemäß zunächst die mittelbare Beheizung des Hochdruckkessels. Die Spalten 17 bis 22 zeigen, wie ungleichmäßig sich der Druck in den einzelnen Heizelementen verhielt und wie er in dem Heizelement 4 stets am höchsten lag, als in jenem Element, das sich nicht nur in der Mitte der Strahlungszone befand, sondern auch — nahe dem Feuerschirmende — der Strömung der Feuergase hauptsächlich ausgesetzt war. Die Heizelemente waren und sind für einen höchsten Betriebsdruck von 90 at bemessen, den Heizelement 4 bei starker Beanspruchung der Lokomotive fast immer überschritt, ohne daß es selbst angesichts dieser Überschreitung gelang, den angestrebten Kesseldruck von 60 at zu erreichen. Ein höherer mittlerer Dampfdruck im Hochdruckkessel als 54,3 at wurde überhaupt nicht erreicht; damit blieb bei der der Verbundmaschine ähnlichen Eigenart der Dampfmaschine auch der Druck im Niederdruckkessel, der ja gewissermaßen den Verbinderdruck darbietet, erheblich unter dem beabsichtigten Wert von 14 at. Dabei war der Druck von 104 at in dem am stärksten beheizten Element, wie gesagt, der mittlere Wert, und einzelne Höchstwerte überstiegen selbst den Betrag von 110 at.

Der obere Teil von Abb. 2 veranschaulicht den Druckverlauf in den Elementen sowie im Hoch- und Niederdruckkessel bei einer Fahrt, während der untere Teil die Leistung der Lokomotive mit ihren Grundlagen: Zylinderfüllung, Zugkraft und Geschwindigkeit, zur Darstellung bringt. Die Abbildung läßt erkennen, daß alle 5 km, also in Zeitabständen von etwa 3 min, die Meßstellen abgelesen wurden. Geschwindigkeit und Füllung verlaufen, bis auf das langsame Durchfahren von Magdeburg und eine zufällige Langsamfahrstelle bei Kilometer 15, ziemlich gleichmäßig. Die Füllungsvergrößerung bei Kilometer 115 dient dem Befahren der Steigung hinter Burg, diejenige nach Bahnhof Magdeburg und der Langsamfahrstelle dem Ausgleich des Zeitverlustes. Die Leistungslinie schwankt schon stärker und erreicht mit etwa 1950 PS hinter Magdeburg einen für die Größe der Lokomotive sehr hohen, kurzen Scheitel; der Druckabfall im Hochdruckkessel zeigt, daß dieser Wert bereits über der Dauerleistung der Maschine lag.

Der hohe Druck im Element 4 tritt deutlich hervor. Alle Elemente zeigen in ihrem Druck ein eigenartiges und nicht recht erklärliches, periodisches Verhalten. Es handelt sich übrigens bei dieser Fahrt um eine mittlere Leistung unter Dampf von 1355 PS am Zughaken, während ein in gleicher Weise aufgezeichnetes Fahrdiagramm aus dem Gebiet der kleineren Leistungen, 772 PS im Mittel, einen wesentlich gleichmäßigeren Verlauf ergab; auch in dem stärkstbeanspruchten Element 4 wurde der Betriebsdruck von 90 at äußerstenfalls nur noch um 7 at überschritten. Bezeichnet man die Druckwiedergabe in den Elementen als Band, so ist dieses Band bei der geringeren Beanspruchung der Lokomotive nicht nur schmaler, sondern auch weit weniger wellig. Wie günstig die gleichmäßige Strecke sich auf den Beharrungszustand auswirkt, erhellt der Umstand, daß bei dieser leichteren Fahrt die Steuerung während 70 km dauernd auf 25 vH — hinter Magdeburg nochmals auf einer Streckenlänge von 35 km — lag und die Fahrgeschwindigkeit dabei nur zwischen 90 und 94 km/h schwankte. Auch der Druckverlauf im Kessel war recht gleichmäßig.

Tafel 1
Meßergebnisse 1927

Niederdruck Kessel	Niederdruck Schieberkasten	Blasrohr	Mittl. Unterdruck Rauchkammer	Mittl. Unterdruck Feuerbüchse	Mittl. Unterdruck Aschkasten	Mittlere Temperaturen: Rauchkammer Mitte	Rauchkammer hinten oben	Rauchkammer hinten unten	HD-Zylinder Einströmung (Thermomet. T 3)	HD-Zylinder Ausströmung (Thermomet. T 4)	Niederdruckdampf hinter dem Überhitzer (T 5)	ND-Zylinder Einströmung (Thermomet. T 6)	ND-Zylinder Ausströmung (Thermomet. T 7)	Feuerbüchsummantelung oben	Feuerbüchsummantelung seitlich	Speisewasser Vorwärmer, Eintritt (Thermomet. T 1)	Speisewasser Vorwärmer, Austritt (Thermomet. T 2)	Lufttemperatur	Kesselbelastung: Dampf im ganzen	Erzeugter Hochdruckdampf im ganzen	Hochdruckdampf in vH vom Gesamtdampf	Hochdruckdampf für 1 m² Heizfl. in 1 h*)	Erzeugter Niederdruckdampf im ganzen	Niederdruckdampf für 1 m² Heizfl. in 1 h*)	Für d. Hochdruckkessel vorgewärmt. Speisewasser für 1 m² Heizfl. in 1 h*)
at	at	at	mm W.-S.	mm W.-S.	mm W.-S.	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	kg	kg	vH	kg/m²h	kg	kg/m²h	kg/m²h
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
10,2	9,8	0,11	63	26	6	301	303	345	360	196	340	268	102	88	87	17	91	13	8908	5140	57,5	183	3768	23,3	31,7
10,5	9,7	0,25	116	43	6	316	344	365	383	214	347	286	106	87	94	15	88	10	16443	8890	54,1	217	7553	31,7	37,4
10,3	9,6	0,15	91	23	4	291	325	343	363	196	328	264	101	86	89	13	94	12	13780	7620	55,3	187	6160	26,1	32,3
10,3	9,6	0,10	58	24	3	285	312	325	343	189	320	250	100	91	91	13	88	12	11551	6530	56,6	149	5021	19,8	25,8
10,3	9,6	0,11	57	18	4	294	325	334	354	190	329	262	99	86	92	13	91	12	12095	6670	55,2	166	5425	23,4	28,8
10,3	9,6	0,07	41	11	2	285	310	322	336	190	316	242	99	89	101	14	86	15	10760	6410	59,6	145	4350	17,0	25,0
10,2	9,4	0,23	103	32	6	321	360	366	380	210	344	282	105	87	100	12	90	10	15078	8080	53,7	205	6998	30,6	35,4
10,5	10,1	0,16	82	29	4	318	345	356	371	200	344	272	102	88	97	13	78	10	13982	7720	55,3	190	6262	26,6	32,9
10,7	9,9	0,32	155	54	11	343	373	382	(398)	236	361	299	118	115	75	14	94	10	19100	9760	51,0	238	9340	39,5	41,2

*) auf Gesamtfahrzeit bezogen.

Die großen erreichten Leistungen, deren Dauergrenze nur bei den bereits erwähnten 1950 PS überschritten war, beweisen die Fähigkeit der Wasserrohr-Feuerbüchse, sehr große Wärmemengen aufzunehmen und zu übertragen, was sich noch dazu bei verhältnismäßig geringen Temperaturdifferenzen vollzieht. Die der Strahlung und Berührungswärme in der Feuerbüchse ausgesetzte Heizfläche beträgt nur 20,2 m²; sie nahm genügend Wärme bei der stärkstbeanspruchten Fahrt Nr. 9 auf, um stündlich 238 kg Hochdruckdampf auf 1 m² dieser Heizfläche während der Gesamtfahrzeit und 255 kg während der Fahrzeit unter Dampf zu erzeugen. Dabei betrug der Temperaturunterschied zwischen dem Hochdruckkessel und dem Mittelwert der sechs Heizelemente nur 37 °. Bei schwächerer Kesselanstrengung, etwa 150 kg/m²h Hochdruckdampf, ging das Temperaturgefälle sogar auf 22 ° herab.

Die Versuche stellten daher in der Tat einen vollen Erfolg der mittelbaren Beheizung dar, bewiesen aber weiterhin, daß eine Zerlegung der Wasserrohr-Feuerbüchse in getrennte Elemente nicht angängig ist, da man sonst durch die Rücksicht auf das stärkstbeanspruchte Element an einer vollen Ausnutzung des Hochdruckverfahrens gehindert wird. Dieses letzte Ergebnis war denn auch der Anstoß zu dem an andrer Stelle[8]) geschilderten Umbau der Wasserrohr-Feuerbüchse. Für die kurze Spanne der Versuchsfahrten schien es angesichts der Tatsache, daß die Heizelemente mit einem reichlichen Sicherheitszuschlag bemessen waren, unbedenklich, den Höchstdruck gelegentlich zu überschreiten, und so sind denn die Ergebnisse dieser Versuche auch in mancher weiteren Beziehung aufschlußreich, da der beabsichtigte Hochdruck von 60 at immerhin bis zu 90 vH erreicht wurde.

Abb. 3 stellt die mittleren Dampftemperaturen für den Maschinendampf an den wichtigsten

[8]) s. Fußnote 1.

Abb. 2
Verlauf der Kesseldrücke, Zugkraft, Geschwindigkeit, Leistung und Füllung bei großer Belastung.
(Fahrt Nr. 9: mittlere Leistung unter Dampf 1355 PS am Zughaken, 75 Achsen, 772 t, Steigung rd. 1 : ∞)

Abb. 3
Temperaturen in Abhängigkeit von der Leistung.

a Dampftemperatur bei Einströmung in den Hochdruckzylinder . . T_3
b „ „ hinter dem Niederdruck-Überhitzer . . . . T_5
c „ „ bei Einströmung in den Niederdruckzylinder . T_6
d „ „ „ Ausströmung aus dem Hochdruckzylinder . T_4
e „ „ „ Ausströmung aus dem Niederdruckzylinder T_7
f Speisewassertemperatur beim Austritt aus dem Vorwärmer . . . T_2

Abb. 4
Kohlenverbrauch, auf die Leistung am Zughaken bezogen ($V = 80$ km/h).
(Oberschlesische Steinkohle; Heizwert $H_u = 7090$ kcal/kg)

Abb. 5
Wärmeinhalt des für 1 PSh verbrauchten Dampfes (einschließlich Pumpendampf, bei $V = 80$ km/h).

Stellen in Abhängigkeit von der Maschinenleistung am Zughaken (auf 1 : ∞ bezogen) dar, ebenso die untere Linie die im Abdampfvorwärmer erreichte Speisewassertemperatur. Die beobachteten Punkte streuen sehr wenig um die eingezeichnete mittlere Kurve und sind so ein weiterer Beweis dafür, daß der Beharrungszustand praktisch ziemlich gut erreicht war oder doch die Abweichungen bei allen Versuchsfahrten gleich gelagert waren. Die Entstehung der Einströmtemperatur der Niederdruckzylinder als Mischtemperatur aus dem höher temperierten Niederdruck-Zusatzdampf und dem niedrig temperierten, nahezu gesättigten Abdampf des Hochdruckzylinders ist klar erkennbar. Die Temperatur im Niederdruck-Schieberkasten ist an sich noch unerwünscht niedrig, da sie erst bei starker Anstrengung 300 ° erreicht, während unsre neueren Regellokomotiven, die man im Rahmen dieses Aufsatzes als Niederdrucklokomotiven bezeichnen müßte, bei hohen Anstrengungen Schieberkastentemperaturen von 350 bis 400 ° aufweisen. Auch aus dieser Beobachtung wurde eine konstruktive Folgerung gezogen, es wurden nämlich die Überhitzerumkehrstellen gelegentlich des Umbaues bis auf 200 mm an die Feuerbüchsrohrwand herangeschoben. Von dem erreichten Erfolg soll bei Erörterung der zweiten Versuchsreihe die Rede sein.

Fahrstrecke und Fahrzeit waren bereits so lang, daß man die Versuchspunkte auch mit erträglicher Fehlergrenze zur Ermittlung des Kohlenverbrauches für die Leistungseinheit benutzen konnte. Das Verhalten des Kohlenverbrauchs in Abhängigkeit von der Leistung ist in Abb. 4 wiedergegeben. Wir sehen die Punkte schon stärker um die Mittelkurve streuen als bei der Mehrzahl der übrigen Kurven. Es ist das eine Folge des bekannten Fehlergliedes des Kohlenmessung, wie es durch gegenseitige Abschätzung der Kohlen auf dem Rost zu Beginn und Ende der Meßstrecke gegeben ist. An sich liegt der untere Scheitel der Verbrauchskurve bei dieser ersten Versuchsreihe bei 1,06 kg/PSh. Die Kurve war in dieser Art aufstellbar, weil immer dieselbe Kohle, nämlich gute oberschlesische Steinkohle mit einem unteren Heizwert von 7090 kcal/kg zur Verfügung stand; in Wärmeverbrauch umgerechnet liegt dann der untere Scheitel bei 7500 kcal/PSh am Tenderzughaken.

Wird schon bei einer Lokomotive der Regelbauart stets der Dampfverbrauch für die Leistungseinheit sorgfältig festgestellt, so besteht für die Ermittlung dieser Verbrauchzahl bei der Hochdrucklokomotive noch ein vermehrtes Interesse; denn der wirtschaftliche Fortschritt des Hochdruckverfahrens liegt vornehmlich auf der Maschinenseite, da vom Kessel eine wesentliche Veränderung des Wirkungsgrades kaum vorauszusetzen ist. Dementsprechend sind denn auch bei den geschilderten Versuchsfahrten eine ganze Anzahl von Dampfverbrauchkurven aufgestellt worden, deren Ausgangspunkt zunächst selbstverständlich die Ermittlung des gewichtsmäßigen Dampfverbrauchs als Funktion der Maschinenleistung ist. Ist nun aber schon beim Vergleich von Regellokomotiven die Gewichtsverbrauchzahl noch nichts eindeutig Bestimmtes, weil der Wärmeinhalt des Dampfes nach Dampfspannung und Überhitzung verschieden sein kann, so ist das bei der Zweidrucklokomotive in erhöhtem Maße der Fall, wo der Maschine zwei Arten von Dampf, wiederum nach Druck und Temperatur verschieden und zudem in einem natürlich festgestellten Verhältnis gemischt, zugeführt werden.

Die Abb. 5 stellt deshalb den Dampfverbrauch gleich umgerechnet in kcal/PSh dar, und zwar auf doppelte Weise: einmal ist die Dampfwärme von 0 °C, das andre Mal von der Austrittstemperatur des Vorwärmers ab gerechnet. Nur diese letztere Dampfwärme braucht von der Kohle erzeugt zu werden, während umgekehrt die von 0 ° ab gerechnete Dampfwärme einen Wert liefert, der dann in Kraft zu treten hat, wenn es sich um Vergleiche mit andern Lokomotiven mit abweichender Vorwärmertemperatur handelt, und der außerdem die Wärmeausnutzung im Dampfzylinder richtiger wiedergibt. Zum Vergleich sind noch die entsprechenden Wärmeverbrauchkurven zweier neuzeitlicher Regellokomotiven eingetragen, und zwar der beiden Spielarten der Einheits-Schnellzuglokomotiven (Zwilling- und Vierzylinderverbund-Bauart) der Reichsbahn. Die Zusammenstellung ist durch die tiefere Lage der Kurve der Hochdrucklokomotive bemerkenswert.

Bezieht man sich auf die von 0 ° ab gerechnete Kurve, so liegt der untere Scheitel der Hochdrucklokomotive bei 5600 kcal/PSh, der der Verbundmaschine bei 6050 und der der Zwillinglokomotive bei 6350 kcal/PSh. Das bedeutet Ersparnisse von rd. 7 und 12 vH. Der Unterschied der Scheitelwerte bei den Kurven von Vorwärmertemperatur ab ist etwas geringer, doch ist das keine Folge des Hochdruckverfahrens, sondern der geringeren Vorwärmung, wie sie aus Spalte 43 der Zahlentafel 1 hervorgeht, während sonst in der Regel bei starker Lokomotivbeanspruchung 100 ° Speisewassertemperatur erreicht werden. Bei dem Vergleich ist einerseits zu beachten, daß

Abb. 6
Von der Lokomotive stündlich verbrauchte Dampfmenge in Abhängigkeit von der Leistung.

a Gesamtdampf abzüglich Luftpumpendampf
b Hochdruckdampf
c Niederdruck-Zusatzdampf
d Speisepumpendampf

Abb. 7
Heizflächenbelastung des Hochdruck- und des Niederdruckkessels und Rostbelastung.

a Belastung der Hochdruck-Heizfläche
b Rostbelastung
c Belastung der Niederdruck-Heizfläche durch Vorwärmung des Speisewassers für den Hochdruckkessel
d Belastung der Niederdruck-Heizfläche durch den Niederdruck-Zusatzdampf
e Belastung der Niederdruck-Heizfläche durch den Pumpendampf

Abb. 8
Zugeführte und abgegebene Wärme im Kessel.

a in der Kohle zugeführte Wärme
b Restglied
c Abgasverluste
d im Hochdruck-Überhitzer abgegebene Wärme
e im Niederdruck-Überhitzer abgegebene Wärme
f an den Hochdruckdampf im Hochdruckkessel abgegebene Wärme
g Vorwärmung des Hochdruck-Kesselspeisewassers im Niederdruckkessel
h an den Niederdruckdampf abgegebene Wärme
i Dampfwärme für alle Pumpen

Abb. 9
Kesselwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Belastung.

sich die Kurven der Hochdrucklokomotive auf eine Geschwindigkeit von 80 km/h beziehen, die der Regellokomotiven dagegen auf 60 km/h, wobei bekanntlich der mechanische Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive (vom Kolben zum Zughaken) günstiger ist. Anderseits war der Beharrungszustand bei den auf einer wesentlich kürzeren Strecke erprobten Einheitslokomotiven nicht so gut ausgeprägt. Mag jener Vorsprung zunächst auch etwas gering erscheinen, so ist doch zu bedenken, daß es sich bei der Regellokomotive um eine Maschine von sozusagen alter Kultur handelt, während die Hochdrucklokomotive die Erstlingsausführung ihrer Gattung ist. Nach den bereits erwähnten, nicht besonders hohen Dampftemperaturen konnte eine Erweiterung des Vorsprungs im übrigen erwartet werden.

Richtiger ist es indes noch, die Hochdrucklokomotive mit ihrer Ausgangsform, der S 10²-Lokomotive, zu vergleichen, von der ja der „Niederdruckteil" unverändert erhalten geblieben ist. Dieser Vergleich erfolgt weiter unten. Übrigens lagen auch die Verbrauchzahlen der ältesten Heißdampflokomotiven kaum unter denen damals bester Naßdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotiven.

Abb. 6 zeigt das von der Maschine stündlich verbrauchte Dampfgewicht, woraus zu ersehen ist, daß der Anteil des Hochdruckdampfes den des Niederdruckdampfes übersteigt; die anteilige Verbrauchkurve des Hochdruckdampfes fällt allerdings mit zunehmender Anstrengung. Bei kleineren Leistungen macht der Hochdruckdampf 64 vH des eigentlichen Maschinendampfes aus, um für die Höchstleistung bei 1355 PS auf etwa 55 vH zu sinken. Eine etwas tiefer liegende von 59,5 vH abfallende Kurve stellte den Anteil ohne den Pumpendampf dar, der naturgemäß in der Regel als Niederdruckdampf entnommen wird, sie ist aber für die Beurteilung der Verhältnisse der eigentlichen Lokomotivmaschine von geringerer Bedeutung. Die Mittellage der Anteilkurve auf rd. 60 vH, legt den Wunsch nahe, den Anteil des Hochdruckdampfes bei künftigen Ausführungen noch zu erhöhen, da der wirtschaftliche Vorsprung gegenüber der Regellokomotive naturgemäß im Hochdruckgebiet liegt.

Abb. 7 gibt die stündlichen Heizflächenbelastungen in ihrer Abhängigkeit von der Lokomotivleistung wieder; hierbei liegt die Leistung von 1 m² Hochdruck-Heizfläche weit über der des Niederdruckkessels; sie macht (mit steigender Leistung) das 10- bis 7½fache aus, allerdings ohne Einrechnung der für den Hochdruckkessel geleisteten Vorwärmung. Es ist deshalb bei dem Zweidruckkessel nicht mehr möglich, die in die betriebliche Wertung der Lokomotive einzuführende, höchste Kesselanstrengung auf die hier mehrdeutige Heizfläche zu beziehen, sondern man wird zur Rostfläche als Grundlage greifen müssen, deren Anstrengung Abb. 7 gleichfalls wiedergibt.

Zahle[n]

Versuchsfahrten un[d]

Nr.	Tag	Versuchszug	Strecke	Mittlere Füllung	Gesamtfahrt			Fahrt unter Dampf (bei mittl. Steigung = 0)					Mittlerer Dampfüberdruck						Mittlerer Unterdruck			Rauchkammer		
		Zuglast außer Meßwagen und Bremslokomotive	Pd = Potsdam Bu = Burg Gn = Genthin		Weg	Fahrzeit	Mittlere Geschwindigkeit	Weg	Fahrzeit	Mittlere Geschwindigkeit	Mittlere Zugkraft am Zughaken auf d. Wagerechten	Mittlere Leistung am Zughaken auf d. Wagerechten	Verdampfer (Wasserrohr-Feuerbüchse)	Hochdruck Kessel	Hochdruck Schieberkasten	Niederdruck Kessel	Niederdruck Schieberkasten	Druck im Blasrohr	Rauchkammer	Feuerbüchse	Aschkasten	Mitte	hinten oben	hinten unten
	1928		von bis	vH	km	min	km/h	km	min	km/h	kg	PS	at	at	at	at	at	at	mm W.-S.	mm W.-S.	mm W.-S.	°C	°C	°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14	6. 3.	—	Pd—Bu	28	91,5	70,0	78,5	89,9	68,4	78,9	3086	902	83	59	52	12,13	11,7	0,14	67	21	3	304	370	37
15	6. 3	—	Bu—Pd	34	92,1	70,0	79,0	89,6	67,7	79,4	3990	1173	84	57	48	12,5	12,0	0,20	105	41	1	307	391	38
16	7. 3.	—	Pd—Bu	24	91,5	69,2	79,3	90,1	68,1	79,4	2700	794	79	59	52	12,3	12,0	0,13	60	20	0	292	357	34
17	7. 3	—	Bu—Pd	19	92,0	70,2	78,7	89,6	67,3	79,9	2010	594	79	59,5	53,8	12,1	11,8	0,10	48	21	1	281	335	33
18	8. 3.	—	Pd—Bu	34	91,5	70,1	78,3	90,0	68,6	78,7	4070	1186	83	57,4	50,6	13,24	12,76	0,20	102	33	1	329	392	38
19	8. 3.	—	Bu—Pd	30,5	91,8	69,7	79,0	89,7	67,7	79,5	3515	1035	87	58,5	52,4	12,8	12,35	0,16	100	42	4	316	380	36
20	9. 3.	—	Pd—Bu	23	91,5	69,0	79,5	90,2	67,8	79,8	2245	664	79	56,7	50,5	11,58	11,3	0,10	57	25	3	322	359	33
21	9. 3.	—	Bu—Pd	18,3	92,1	71,0	77,8	89,7	67,9	79,3	1728	508	80	59	53	11,9	11,65	0,09	43	19	3	314	339	32
22	13. 3.	269	Pd—Bu	38,0	91,5	69,2	79,3	90,4	68,0	79,8	3650	1080	79,5	50,5	42,5	10,7	10,2	0,18	107	50	3	342	360	37
23	13. 3.	269	Bu—Pd	39,6	92,1	71,1	77,7	89,6	67,9	79,2	2680	787	59	39,2	31	8,9	8,3	0,15	100	57	5	312	338	349
24	15. 3.	269	Pd—Bu	43,6	91,5	69,2	79,3	90,6	68,0	80,0	4640	1375	93,6	59,3	40,7	11,7	11,0	0,26	128	39	2,3	320	378	397
25	15. 3.	269	Bu—Pd	52	92,1	69,8	79,2	89,6	67,1	80,1	4660	1383	98,7	59	34,7	10,6	9,8	0,31	169	61	3	338	391	390
26	16. 3.	—	Pd—Bu	38	91,5	69,2	79,3	90,0	67,2	80,4	3816	1137	90,5	59	43,8	11,2	10,6	0,19	92	33	2	312	377	369
27	16. 3.	—	Bu—Pd	38	92,1	69,4	79,6	89,6	66,7	80,6	4035	1205	91,5	58,5	44,2	12,0	11,4	0,20	106	43	3	324	385	379
28	20. 3.	483	Pd—Gn	42	65,4	50,0	78,5	64,5	49,3	78,5	5400	1570	88,3	50,5	47,5	13,6	12,9	0,30	141	49	4	349	400	416
29	20. 3	483	Bu -Pd	42	92,1	71,0	77,9	90,2	68,2	79,4	4310	1265	77,0	43,8	41,5	11,2	10,7	0,22	136	65	2	321	359	380
30	21 3	483	Pd—Bu	42	91,5	69,6	78,9	90,5	68,5	79,3	5540	1627	92,0	50,4	47,6	13,1	12,6	0,31	158	49	4	359	360	405
31	21. 3.	483	Bu—Pd	44	91,8	71,0	77,6	89,6	68,6	78,4	3590	1042	67,0	38,9	36,2	9,3	8,7	0,18	132	40	1	306	359	343
32	22. 3.	—	Pd—Bu	26	91,5	68,8	79,8	90,5	67,7	80,2	3112	925	91,0	58,2	56,3	13,3	13,0	0,17	76	26	3	301	353	353
33	22. 3	—	Bu—Pd	23	91,6	69,3	79,3	89,3	66,6	80,4	2780	827	89,2	58,2	56,2	13,3	12,8	0,15	71	39	3	306	352	347
34	23. 3.	174	Pd—Bu	34	91,5	69,1	79,5	90,5	67,9	80,0	4360	1292	92,8	54,9	52,9	13,8	13,4	0,28	124	39	4	332	381	387
35	23. 3.	174	Bu—Pd	19	91,6	70,1	70,4	89,2	67,4	79,4	2202	648	89,2	60,0	58,0	13,3	12,9	0,12	50	17	2,5	295	340	352
36	27. 3.	481	Pd—Bu	38	91,5	71,3	77,0	89,9	69,4	77,7	4760	1370	96,0	53,6	51,6	13,9	13,3	0,31	141	45	6	333	372	396
37	27. 3.	481	Bu—Pd	39	91,6	70,0	78,5	89,3	67,3	79,6	5190	1530	103,0	53,8	51,4	14,0	13,5	0,33	162	49	6	360	418	416
38	30. 3.	—	Pd—Bu	30	91,5	68,7	79,9	90,5	67,5	80,4	3720	1108	84,4	56,9	54,9	13,5	13,13	0,23	105	35	5	312	366	362
39	30. 3.	—	Bu—Pd	28	91,6	68,9	79,8	89,2	66,0	81,1	3700	1110	91,4	57,6	55,6	13,7	13,3	0,22	97	33	5	315	368	362

In Abb. 8 sind nun die gemessenen Werte dazu verwertet, die gesamte, in der Kohle zur Verfügung gestellte Wärme in ihre einzelnen Anteile zu zerlegen. Die Bedeutung der einzelnen Wärmegebiete versteht sich nach der Abbildung von selber; die meist mäßige Streuung der Punkte, namentlich im Dampfgebiet, deutet wiederum auf die Gleichartigkeit der Versuchsfahrten und die Genauigkeit der Messungen hin. Selbstverständlich kann man aus dieser Abbildung auch die Kurve des Kesselwirkungsgrads, durch Division der nutzbaren Wärmemenge durch die gesamte bilden, dieser erscheint dann als Funktion der Leistung. Der Kesselwirkungsgrad ist in Abb. 9 in Abhängigkeit von der Rostbelastung dargestellt. Diese Kurve verläuft der entsprechenden aus Abb. 7 einigermaßen ähnlich; sie beginnt im übrigen bei einer Rostbelastung von etwa 250 kg/m²h, entsprechend rd. 500 PS, mit einem Wert von 70 vH, um bei einer Höchstbelastung von 1355 PS, entsprechend 600 kg/m²h Rostbelastung, auf 62,5 vH abzufallen. Die Kurve bleibt damit unter derjenigen guter neuerer Regelkessel, ohne indes deren Größenordnung zu verlassen.

Im übrigen war auch bei dieser ersten Fahrtenreihe durch Vergleiche zusammengehöriger Werte der indizierten und Zughaken-Zugkraft die Kurve des mechanischen Wirkungsgrades ermittelt und mit ihrer Hilfe der Wärmeverbrauch in der Maschine auch für die indizierte PSh festgestellt worden. (Die entsprechende Kurve wird bei der Behandlung der späteren Versuchsfahrten wiedergegeben, wo durch Verwendung der Bremslokomotive der Beharrungszustand fast genau hergestellt war; diese Kurve bietet also noch größere Sicherheit). Die Wärmeverbrauchkurve von 0° ab hatte übrigens, bei Abzug des gesamten Pumpendampfes, ihren unteren Scheitelwert bei 5300 kcal/PSh (Zughakenarbeit), der indizierte Wärmeverbrauch lag demgegenüber bei nur 4500 kcal/PSh. Diese Zahlen sind — eben wegen Abzug des Pumpendampfes — ein Maßstab für die Güte der eigentlichen Lokomotivmaschine.

So bot die erste Versuchsreihe bereits ein erfreuliches Bild für eine Erstlingsausführung, obwohl selbstverständlich einige kleinere Zwischenfälle bei den Versuchen vorkamen. Die Beschickung des Feuers war nicht schwieriger als bei einem Regelkessel. Der Heizer muß allerdings zwei Kessel speisen, wobei ihm aber durch einen „indirekten" Wasserstand die Beobachtung des Hochdruckkessels erleichtert wird. Nur von Zeit zu Zeit wird er zur Kontrolle die eigentlichen Hochdruck-Wasserstandanzeiger zu beobachten haben. Die Mehrbelastung, die hierdurch für den Heizer gegeben ist, findet einen Ausgleich durch die geringere, bei gleicher Leistung zu bewältigende Kohlenmenge. Dem Führer stellt sich die Bedienung wegen der Kupplung des Hoch- und Niederdruckreglers und der gemeinsamen Steuerwelle nicht anders dar, als bei einer gewöhnlichen Lokomotive. Da auch hier die so außerordentlich wertvolle selbsttätige Anpassung der Dampferzeugung an den Dampfbedarf durch das Blasrohr vorhanden ist, so konnte in dem ersten Versuchsbericht das Urteil gefällt werden, daß die Bedienung von der Regellokomotive wenig abweicht und dem Personal keine besonderen Schwierigkeiten bereitet.

Die Versuchsfahrten nach dem Umbau 1928

Die Lokomotive wurde nach Abschluß der Versuche zum Umbau der Wasserrohrfeuerbüchse und Ausführung einiger weiterer Änderungen zunächst der Erbauerin wieder zugeführt. Mit der abgeänderten Lokomotive wurden die Versuchsfahrten Mitte Februar 1928 wieder aufgenommen. Sie fanden in diesem Monat auf den Strecken Berlin-(Grunewald) – Güsten und Berlin – Leipzig statt.

Die Lokomotivbelastung wurde dabei mit einer Ausnahme durch D-Zug-Wagen gebildet; bei dieser Ausnahme fand, ebenso wie bei den weiteren Fahrten in der Zeit vom 6. bis 30. März auf der Strecke Berlin – Magdeburg die inzwischen verfügbare S 10-Schnellzuglokomotive mit Riggenbachbremse als Anhängelast Verwendung, die unmittelbar auf den Meßwagen folgte. Mit dieser nunmehr auch für die schnellfahrenden Lokomotiven anwendbaren Belastungsweise läßt sich der Beharrungszustand, namentlich auf einer so ebenen und von starken Krümmungen freien Strecke, wie der eigentlichen Meßstrecke Potsdam – Burg, in vorzüglicher Weise herstellen. Das ist um so mehr möglich, als man für die Beschleunigung die Bremslokomotive als

afel 2

eßergebnisse 1928

Mittlere Temperatur										Dampfverbrauch							Kohlenverbrauch				Rauchgasanalyse				
HD-Zylinder Einströmung (Thermometer T_3) °C	HD-Zylinder Ausströmung (Thermometer T_4) °C	Niederdruckdampf hinter dem Überhitzer (T_5) °C	ND-Zylinder Einströmung (Thermometer T_6) °C	ND-Zylinder Ausströmung (Thermometer T_7) °C	Feuerbüchsummantelung oben °C	Feuerbüchsummantelung seitlich °C	Speisewasser Vorwärm. Eintritt (Thermometer T_1) °C	Speisewasser Vorwärm. Austritt (Thermometer T_2) °C	Hochdruckdampf vor der Mischdüse °C	Dampf im ganzen kg	der Lokomotive: Gesamtdampfverbrauch abzgl. Luftpumpendampf kg	der Lokomotive: Gesamtdpfverbr. a. Zughak. a. d. Wagerechten abzügl. Luftpumpendampf kg/PSh	der Pumpen: Luftpumpe kg	der Pumpen: Speisewasserpumpen kg	der Lokomotive: Nach Abzug des gesamt. Pumpendpf. kg	der Lokomotive: für 1 PS h a. Zughak. a. d. Wagerechten nach Abzug des Pumpendampfes kg/PSh	im ganzen kg	für 1 m² Rostfläche und h Dampffahrzeit kg/m²h	f. 1 PSh am Zhk. a. d. Wagerecht. b. H_u 7000 kcal/kg kg/PS_eh	Verdampfzahl kg/kg	CO_2 vH	CO vH	O_2 vH	H_2 vH	Luftüberschußzahl
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
365	200	356	282*	108	99	64	12	92	209	8430	8371	8,13	59	435	7936	7,71	970	345	0,98	8,7	—	—	—	—	—
381	222	375	303	107	107	72	13	93	230	9830	9730	7,35	100	498	9232	6,98	1200	431	0,95	8,2	11,4	0,4	7,8	0,0	1,51
363	200	355	289	106	102	68	14	91	216	7640	7579	8,4	61	402	7177	7,95	805	287	0,98	9,5	12,0	0,0	7,4	0,0	1,54
342	195	333	258	105	98	65	14	88	—	6786	6708	10,05	78	363	6345	9,52	680	245	1,05	9,88	12,0	0,0	7,2	0,0	1,6
393	226	385	321	109	97	62	12	86	247	10204	10120	7,46	84	522	9598	7,07	1335	473	0,94	7,68	12,0	0,6	6,8	0,0	1,48
363	200	373	290	107	87	53	13	89	212	9380	9306	7,98	74	479	8827	7,56	1200	431	0,93	7,76	12,0	0,3	7,4	0,0	1,54
344	194	352	273	105	96	52	12	89	200	7455	7380	9,83	75	395	6985	9,31	885	315	1,27	8,42	12,6	0,6	5,6	0,0	1,36
325	191	342	258	105	91	53	11	93	195	6650	6573	11,43	77	364	6209	10,80	715	256	1,36	9,54	13,8	0,4	5,4	0,07	1,35
359	203	374	294	108	92	58	10	86	216	9860	9798	8,0	62	501	9297	7,59	—	—	—	—	13,6	1,2	6,0	0,0	1,4
342	196	344	283	108	78	45	10	80	220	8385	8316	9,34	69	432	7884	8,85	—	—	—	—	10,8	0,2	7,8	0,07	1,59
426	264	364	316	112	96	66	10	95	272	11380	11320	7,26	60	578	10742	6,88	1695	606	1,11	6,72	11,8	0,0	7,2	0,0	1,52
408	255	367	316	116	88	58	9	93	259	12201	12127	7,84	74	606	11521	7,44	1755	636	1,15	6,96	11,9	0,2	7,3	0,0	1,53
389	223	358	290	107	90	58	9	89	227	9735	9671	7,59	64	493	9178	7,2	1290	466	1,01	7,54	11,6	0,0	7,8	0,0	1,59
399	236	367	304	107	91	57	9	91	242	9950	9891	7,38	59	504	9387	7,01	1255	457	1,02	7,93	11,8	0,2	7,4	0,0	1,54
431	271	375	323	117	89	66	9	93	266	9000	8947	6,94	53	447	8500	6,59	1345	663	1,01	6,69	12,2	0,2	6,6	0,0	1,46
371	230	357	290	108	86	55	9	90	231	10900	10818	7,53	82	541	10277	7,15	1825	665	1,42	5,98	11,8	1,0	6,2	0,3	1,4
436	270	372	321	116	86	64	9	92	266	12560	12451	6,7	109	623	11828	6,37	(2224)	(789)	1,15	5,64	13,0	0,5	5,6	0,03	1,36
387	222	312	266	106	87	60	8	83	219	9925	9789	8,22	136	499	9290	7,80	1500	531	1,21	6,61	13,0	0,8	5,6	0,4	1,35
384	215	351	293	104	86	60	11	93	222	8520	8461	8,11	59	457	8004	7,67	1050	377	1,06	8,11	12,4	0,0	7,4	0,0	1,54
371	207	349	289	104	99	68	11	91	216	7828	7767	8 46	61	419	7348	8,00	915	334	1,02	8,55	12,2	1,1	7,2	0,03	1 52
418	248	375	318	107	88	64	12	94	252	10640	10567	7,23	73	538	10029	6,87	1400	501	0,94	7,60	11,8	0,1	7,4	0,0	1,54
369	204	338	277	104	101	68	15	94	214	6895	6829	9,38	66	369	6460	8,87	870	314	1,13	7,93	11,6	0,1	8,4	0,0	1,66
429	261	379	323	111	87	72	12	95	265	11480	11388	7,18	92	580	10900	6,88	1755	615	1,05	6,54	10,4	0,5	8,6	0,37	1,69
413	248	398	327	116	83	68	10	92	256	12098	11960	6,98	131	598	11500	6,70	1800	650	1,04	6,72	—	—	—	—	—
396	227	365	305	109	88	66	14	91	236	9540	9469	7,59	71	492	8977	7,20	1200	432	0 91	7,95	11,8	0,0	7,2	0,0	1,52
385	221	366	302	107	106	75	15	90	230	9160	9086	7,44	74	473	8613	7,05	1160	427	0,94	7,9	12,0	0,1	7,4	0,0	1,54

arbeitende Lokomotive mit ansetzen kann und dadurch in der Lage ist, die Anfahrzeit fast völlig ihrer störenden Eigenschaft zu berauben.

In der Zahlentafel 2 sind die Versuchsfahrten auf dieser Strecke wiedergegeben. Die Spalte 11 zeigt, daß nennenswerte Abweichungen von der beabsichtigten Geschwindigkeit von 80 km/h kaum vorkommen. Die größte Abweichung nach unten beträgt 2,3, die nach oben 1,1 km/h, beides für Schnellzuggeschwindigkeiten belanglose Werte. Die Versuchsanordnung war grundsätzlich die gleiche wie bei den vorjährigen Versuchen. Es waltete indes insofern ein Unstern über dieser zweiten Versuchsreihe, als der Wassermesser 2 wegen Beschädigung ausfiel und ein Ersatz nicht möglich war. Damit fiel leider die Möglichkeit fort, den Anteil des Hochdruckkessels an der gesamten Dampferzeugung festzustellen und bei der Auswertung der Dampfverbrauchzahlen die Umrechnung der rein gewichtsmäßigen (gesamten) Dampfmenge in Kalorien vorzunehmen, wenn auch die einzelnen Dampftemperaturen bekannt waren. Die betreffenden Spalten der Zahlentafel 1 konnten daher leider nicht ausgefüllt werden. In der Zahlentafel 2 sind nur die Fahrten zwischen Potsdam und Burg, unter Verwendung der Bremslokomotive, wiedergegeben.

Die wichtigste Feststellung dieser neuen Versuchsreihe, deren zahlenmäßiges Ergebnis sich übrigens ohnehin dadurch vereinfacht, daß nunmehr nur noch der einheitliche Druck der nicht mehr in Elemente zerlegten Wasserrohr-Feuerbüchse zu messen war, ist die, daß der beabsichtigte Höchstdruck von 60 at nunmehr ganz oder nahezu erreicht wurde. Während der volle Dampfdruck von 60 at in einem Falle wirklich auftrat, lag bei der Mehrzahl der Fahrten der Druck zwischen 55 und 60 at. Drücke in der Wasserrohr-Feuerbüchse (Verdampfer) über 90 at wurden auch jetzt noch nicht völlig vermieden. Sie waren jedoch,

Abb. 10
Mittlere Temperaturen, V = 80 km/h.

Dampftemperaturen: a_1, a_2 Niederdruck-Zusatzdampf hinter dem Überhitzer; b_1, b_2 Niederdruckzylinder-Einströmung; c_1, c_2 „ Ausströmung; d_1, d_2 Speisewassertemperatur bei Vorwärmeraustritt

Abb. 11
Mittlere Dampftemperaturen, V = 80 km/h.

a_1 a_2 Hochdruckzylinder-Einströmung
b_1 b_2 Hochdruckzylinder-Ausströmung

Abb. 12
Dampfverbrauch kg/PSh abzüglich Luftpumpendampf (einschl. Speisepumpendampf).

wie die Spalten 14 und 15 zeigen, durch der Erklärung sich entziehende Zufälle keineswegs immer mit den größten Hochdruckspannungen verbunden. So entsprach z. B. der höchste mittlere Druck in der Feuerbüchse von 103 at nur einem Druck des Hochdruckdampfes von 53,8 at, während die vollen 60 at mit einem Druck von nur 89,2 at in der Feuerbüchse erreicht wurden. Im übrigen ist es sehr wohl möglich, daß die Notwendigkeit, die eine Heizschlange im Hochdruckkessel mit rund $^1/_{12}$ der Innenheizfläche wegen Undichtigkeit abzuflanschen, diese Ergebnisse beeinflußt hat; diese Notwendigkeit trat schon früh während der Versuchsreihe ein.

Die Abbildungen 10 und 11 geben die beobachteten Dampftemperaturen der verlängerten Überhitzer wieder, wobei die vorjährigen Kurven gleichfalls gestrichelt eingetragen sind. Während die Temperatur des Hochdruckdampfes bei der Einströmung in den Schieberkasten sich nur bei großen Leistungen gegenüber den früheren Versuchen um 12 ° gehoben hat, ist der Dampf für den Niederdruckzylinder bei fast allen Leistungen wärmer als im Vorjahr und erreicht bei großen Leistungen ein Mehr von fast 20 °. Die Temperatur des zum Blasrohr abströmenden Dampfes liegt bei den kleineren Leistungen um 4 ° höher, um bei größeren Leistungen etwas unter die vorjährigen Werte zu sinken. Insgesamt ist zu sagen, daß sich namentlich das im Niederdruckzylinder ausgenutzte Temperaturgefälle gegenüber dem Vorjahr verbessert hat. (Die Vorwärmertemperatur ist praktisch gleich geblieben.)

Hinsichtlich des gewichtsmäßigen Dampfverbrauchs, Abb. 12, hat die Verlängerung des Überhitzers freilich keinen merklichen Erfolg gebracht, weil die höheren Temperaturen des gesamten Niederdruckdampfes nicht nur bewirkt sind durch die höheren Temperaturen des Niederdruck-Zusatzdampfes, sondern auch durch höhere Temperaturen des aus dem Hochdruckzylinder ausströmenden Dampfes. Das Temperaturgefälle im Hochdruckzylinder hat bei mittleren Leistungen eine Änderung überhaupt nicht erfahren. Immerhin sollte man meinen, daß angesichts des höheren Temperaturgefälles in den Niederdruckzylindern, die ⅔ der Gesamtarbeit leisten, eine kleine Abnahme auch des gewichtmäßigen Dampfverbrauchs sich hätte bemerkbar machen müssen. Der spezifische Dampfverbrauch D_e für 1 PSh ist im Gebiet der kleineren Leistungen sogar etwas größer als im Vorjahr und beginnt erst über 1050 PS (am Zughaken) langsam darunter zu sinken.

In Abb. 12 ist außerdem der indizierte Dampfverbrauch D_i für 1 PSh eingezeichnet, wobei noch Abb. 13 Auskunft darüber gibt, wie der mechanische Wirkungsgrad (vom Kolben bis zum Zughaken) gewonnen worden ist, vermöge dessen sich dann $D_i = \eta \cdot D_e$ ergibt. In dieser Abbildung ist die Hakenzugkraft in der Ebene (Z_e) als Abszisse, ebenso in kleinerem Maßstab als Ordinate aufgetragen, wobei sie sich in der Bildfläche als Gerade durch den Nullpunkt darstellt. Die zahlreichen kleinen Punkte der Z_i-Linie bedeuten die indizierten Zugkräfte, wie sie jeweils über dem zugehörigen Z_e aus zahlreichen Dampfdruck-Schaulinien ermittelt sind. Die Division der kleineren durch die größeren Ordinaten, je über derselben Abszisse, ergibt dann die Wirkungsgradkurve als $f\,(Z_e)$, die von etwa 73 vH bei der kleinsten beobachteten Leistung bis fast 90 vH bei der Höchstleistung steigt.

Möglicherweise sind übrigens die indizierten Leistungen noch etwas zu klein wiedergegeben, da inzwischen mehrfache Beobachtungen dahin vorliegen, daß infolge der Zerrung der Indikatorschnüre bei hohen Geschwindigkeiten das Indikatordiagramm seine Grundlinie zwar verlängert, seinen Druck p_{m_i} aber etwas verkleinert. Diese Erscheinung macht sich umsomehr bemerkbar, je länger die Indikatorschnüre sein müssen. Sollten auch hier die indizierten Leistungen infolge dieser Fehlerquelle etwas zu klein ausgefallen sein, so würde der mechanische Wirkungsgrad ebenso aber auch der „indizierte" Dampfverbrauch sinken müssen, so daß man sagen darf, daß die Kurve des indizierten Dampfverbrauches in Abb. 12 eher zu ungünstig als zu günstig ausgefallen ist.

Abb. 13
Mechanischer Wirkungsgrad; V = 80 km/h.
Z_i indizierte Zugkraft Z_e effektive Zugkraft
η_m mechanischer Wirkungsgrad

Abb. 14
Kohlenverbrauch auf 1 PSh (am Zughaken), bezogen auf Kohle mit 7000 kcal/kg; V = 80 km/h.
a_1 Kohlenverbrauch der Hochdrucklokomotive im Jahre 1927
a_2 „ „ 1928
b „ „ bayer. S ³/₆-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive
c Kohlenverbrauch der S 10²-Drilling-Schnellzuglokomotive
d Ersparnis der Hochdrucklokomotive (Verbrauch im Jahre 1928) gegenüber der S 10²

Gewonnen hat aber durch den Umbau des Kessels zweifellos seine Wirtschaftlichkeit auf die Kohlen bezogen; also der Kesselwirkungsgrad ist höher als vorher. Hierüber geben die beiden folgenden Abbildungen Aufschluß, wobei in einzelnen Fällen die vorjährigen Kurven mit eingezeichnet sind. Abb. 14 zeigt, daß der Kohlenverbrauch für 1 PSh am Haken sich zwar bei kleinen Leistungen kaum merklich von den vorjährigen Werten unterscheidet, daß aber der untere Scheitel der Verbrauchskurve bei 0,98 kg/PSₑh liegt, während die vorjährigen Versuche (nach Umrechnung des Heizwertes von 7090 auf 7000 kcal/kg) 1,07 kg/PSₑh als besten Wert aufweist. Die Kohlenwärme ist also bei der abgeänderten Bauform der Lokomotive im Scheitel um rd. 8 vH besser ausgenutzt, ein Unterschied, der sich zugunsten der neueren Ausführungsform bei den höheren Leistungen noch steigert.

Zum Vergleich ist die Verbrauchkurve der neuesten Ausführung der ehemaligen bayerischen S ³/₆-Lokomotive (Vierzylinderverbund, 16 at) eingezeichnet, die gleichzeitig mit der Hochdrucklokomotive mit dem Meßwagen 2 untersucht wurde und sich dabei als außerordentlich sparsame Maschine hinsichtlich der Zughakenleistung erwies. Der untere Scheitel dieser Verbrauchskurve deckt sich mit

dem der Hochdrucklokomotive in ihrer ersten Ausführung, so daß man sagen darf, daß die sehr sparsame Regellokomotive im Kohlenverbrauch um 8 vH unterschritten ist. Dabei muß man auch hier die Bemerkung wiederholen, daß es sich bei der Regellokomotive um das Endglied einer längeren Entwicklungsreihe handelt, während die Hochdrucklokomotive erst in der Entwicklung steht.

Übrigens ist auch hier wieder der Vergleich mit der Urform der richtigere. Mit der S 10²-Lokomotive liegen nun neuere Versuche nicht vor; nach Garbe[4]) konnte indessen die in Abb. 14 gestrichelt eingetragene Verbrauchskurve — mit Hilfe der Einzelpunkte — abgeleitet werden. Daraus ergibt sich 1,4 kg/PSh bei 700 PS am Haken als niedrigster Kohlenverbrauch gegen jetzt 0,98 kg bei 1150 PS, also eine Kohlenersparnis von rd. 30 vH. Die unterste Kurve zeigt die mit zunehmender Leistung wachsende Ersparnis, je auf gleiche Leistungen bezogen. Setzt man voraus, daß der Beharrungszustand der damaligen Fahrten bei ähnlicher mittlerer Geschwindigkeit (83 km/h) nicht ebenso gut war, wie heute mit der Bremslokomotive, und die Ersparnis etwa 10 vH tiefer liegt, als in der rechnungsmäßig entstandenen Kurve, so bleiben für die größeren Leistungen um 1000 PS doch immer noch 25 vH Ersparnis gegen die S 10²-Lokomotive, wobei die Höchstleistung übrigens weit nach oben verschoben ist.

[4]) Garbe, „Die Dampflokomotive der Gegenwart", Berlin 1920, S. 574.

Abb. 15
Dampfverbrauch, Kohlenverbrauch, Verdampfzahl und Füllung in Abhängigkeit von der Leistung ($V = 80$ km/h).

a Dampfverbrauch abzüglich Luftpumpendampf (einschl. Speisepumpendampf) *b* Kohlenverbrauch in 1 h, bezogen auf Kohle mit $H_u = 7000$ kcal/kg c_1, c_2 Verdampfzahl *d* Füllung

Daß die Hochdrucklokomotive durch den Umbau der Feuerbüchse verbessert worden ist, geht weiter aus Abb. 15 hervor, wo die Kurve der Verdampfziffer der Versuche 1928 in nahezu gleichem Abstand von der für 1927 verläuft, im Mittel aber etwa 10 vH höher liegt.

Die Abbildungen 16 bis 24 zeigen eine Auswahl von Dampfdruckschaulinien; aus einer großen Reihe solcher Schaulinien ist denn auch Abb. 25 hergeleitet, nämlich die indizierte Leistung der Hoch- und Niederdruckzylinder als Anteil der gesamten Leistung, also die Arbeits- oder Leistungsverteilung.

Der Hochdruckzylinder stellt bei 600 PS am Zughaken etwa 35 vH der Gesamtleistung; dieser Anteil sinkt für die hohe Leistung bis auf 30 vH, während bei den Versuchen 1927 der Anteil schon bei kleinen Leistungen etwas höher lag und im übrigen eine schwach steigende Tendenz zeigte. Die Hochdruck-Zylinderleistung bewegt sich jetzt also um ein Drittel der Gesamtleistung herum, ein Anteil, der aber ja nicht mit dem Anteil des Hochdruckdampfes verwechselt werden darf. Das Drittel wäre im Interesse guter Arbeitsverteilung auch anzustreben, wenn es sich um eine reine Hochdruck-(Verbund-)maschine handelte.

Im übrigen ist diese Versuchsreihe auch insofern nicht völlig erschöpfend, als leider — wie erwähnt — zu Beginn der Versuche das Heizelement 5 innerhalb der Hochdrucktrommel undicht geworden war, wie aus einer Zunahme der Wassermenge in der Wasserrohr-Feuerbüchse festgestellt wurde. Um die Fahrten, bei denen sich kleine Mängel, die hier

Abb. 16
$\varepsilon = 19$ vH; $v = 81{,}2$ km/h; $p_{m_{i_N}} = 2{,}15$ at; $Z_{i_N} = 1672$ kg;
$N_{i_N} = 503$ PS$_i$; p_{Sch}[5]) $= 11{,}6$ at; $t_{Sch} = 245$ °C

Abb. 17

Abb. 18
$Z_{i_H} = 973$ kg; $N_{i_H} = 293$ PS; $N_{i_{Ges}} = 796$ PS; $p_{Sch} = 54$ at; $t_{Sch} = 339$ °C; $N_e = 587$ PS

Abb. 19
$\varepsilon = 26$ vH; $v = 81{,}0$ km/h; $p_{m_{i_N}} = 3{,}51$ at; $Z_{i_N} = 2730$ kg;
$N_{i_N} = 918$ PS; $p_{Sch} = 12{,}9$ at; $t_{Sch} = 295$ °C.

Abb. 20

Abb. 21
$Z_{i_H} = 1257$ kg; $N_{i_H} = 377$ PS; $N_{i_{Ges}} = 1196$ PS; $p_{Sch} = 56{,}5$ at; $t_{Sch} = 390$ °C; $N_e = 992$ PS

Abb. 22
$\varepsilon = 42$ vH; $v = 81{,}0$ km/h; $p_{m_{i_N}} = 5{,}78$ at; $Z_{i_N} = 4500$ kg;
$N_{i_N} = 1351$ PS; $p_{Sch} = 12{,}6$ at; $t_{Sch} = 325$ °C

Abb. 23

Abb. 24
$Z_{i_H} = 1933$ kg; $N_{i_H} = 580$ PS; $N_{i_{Ges}} = 1930$ PS; $p_{Sch} = 48$ at; $t_{Sch} = 432$ °C; $N_e = 1741$ PS

Abb. 16 bis 24
Dampfdruck-Schaulinien.

links Niederdruck
Federmaßstab 1,5 mm = 1 at

rechts Hochdruck
Federmaßstab 0,4 mm = 1 at

[5]) p_{Sch} = Schieberkastendruck.

Abb. 25. Indizierte Leistung der Hochdruck- und der Niederdruckmaschine.

a indizierte Gesamtleistung *b* indizierte Leistung der Niederdruckzylinder c_1, c_2 $\frac{N_{i_H}}{N_{i_{Ges}}} 100$ = Leistungsanteil des Hochdruckzylinders in vH *d* indizierte Leistung des Hochdruckzylinders

aufzuzählen zu weit führen würde, gelegentlich noch zeigten, nicht abbrechen zu müssen, wurde dieses Element blind verschraubt; auf diese Weise wurde ein Zwölftel der im Hochdruckkessel gelegenen Heizfläche ausgeschaltet. Wie weit dadurch die Versuchsergebnisse gegenüber der programmäßigen Lokomotive etwa gestört sind, muß die bevorstehende dritte Versuchsreihe ergeben.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurden beträchtlich höhere Streckenleistungen als bei der ersten erreicht. Während bei der ersten Fahrtenreihe die Höchstleistung für die ganze unter Dampf durchfahrene Strecke im Mittel 1355 PS betrug, ging die Zughakenleistung bei der zweiten Versuchsreihe bis zu 1627 PS herauf. Im eigentlichen Beharrungszustande wurden 1740 PS auf längere Zeit erreicht. Auch diese Werte weisen auf die außerordentliche Leistungsfähigkeit der mittelbaren Heizung umsomehr hin, als der erwähnte Ausfall an Hochdruckheizfläche eingetreten war.

Bevorstehende Versuche

Nachdem die wärmeabgebenden Rohre innerhalb des Hochdruckkessels durch solche von noch geeigneterem Baustoff und mit besseren Verbindungsstellen ersetzt worden sind, sehen wir auch aus diesem Grunde der weiteren Versuchsreihe mit großer Spannung entgegen, die ergeben wird, wie sich die Maschine nunmehr in ihrer völlig unversehrten Neugestalt hinsichtlich der Leistung verhält. Diese dritte Versuchsreihe wird in Übereinstimmung mit den sonstigen neueren Versuchsfahrten dadurch noch umfassender gestaltet werden, daß alle Beobachtungen nicht mehr nur auf einer einzigen mittleren Fahrgeschwindigkeit aufgebaut werden, sondern daß außer den Fahrten mit 80 km/h auch in gleicher Weise Fahrten mit 60 und 100 km/h durchgeführt werden, um das Verhalten der Lokomotive in ihrem gesamten Gebiet als Schnellzugfahrzeug kennen zu lernen. Auch werden unter Zugrundelegung einer bestimmten höchsten Dauerleistung des Rostes die Leistungs- und Zugkraftkennlinien der Lokomotive als Funktion der Geschwindigkeit ermittelt werden, wie es in gleicher Weise, bezogen auf die höchste dauernde Heizflächenbelastung, mit den Regellokomotiven geschieht.

Über die Ergebnisse dieser dritten Versuchsreihe wird späterhin berichtet werden. [B 2118]

Staubtechnik

Der Fachausschuß für Staubtechnik beim Verein deutscher Ingenieure[1]) hat die von ihm aufgenommenen Arbeiten in der zweiten Fachsitzung am 16. Oktober 1928 weiter fortgeführt, und zwar zunächst mit der Betrachtung der Eigenschaften von Staubarten in physikalischer Hinsicht. Ein eingehender Bericht von Obering. Loch, Berlin, über

Staubexplosionen

gab eine Zusammenfassung der seit etwa 50 Jahren auf diesem Sondergebiet bekannt gewordenen, meist an Vorfälle aus der Praxis anschließenden Untersuchungen über Gründe und Ursachen von Staubexplosionen[2]). Loch ging insbesondre auf die Zündungsfrage ein. Der Bericht und die lebhafte Besprechung zeigten, daß die Frage der unteren und oberen Explosionsgrenzen, sowie die der Entstehung der elektrischen Ladungen noch ungeklärt ist. Namentlich die letztere Frage, die ja auch in der Meteorologie eine große Rolle spielt, bedarf augenscheinlich noch eingehender Untersuchungen, die für die Technik nutzbar gemacht werden könnten[3]).

Oberbaurat Brée, Berlin, sprach über

Straßenstaub[4]).

Er erörterte die Zusammensetzung, die Entstehung und die Schäden, die durch ihn verursacht werden, zeigte an der Betrachtung der verschiedenen gebräuchlichen Straßenbauarten Möglichkeiten, den Staub durch bauliche Maßnahmen, Reinigungs- und Bindungsverfahren zu vermeiden und zu bekämpfen. Er kam zu dem Schluß, daß eine wirksame Bekämpfung des Straßenstaubes bei dem heutigen Stande der Straßenbau- und Straßenreinigungstechnik schon lösbar sei, daß aber vielfach geldliche Schwierigkeiten eine ausreichende Durchführung hinderten. Der wissenschaftlichen Erforschung bedarf noch der Anteil der einzelnen Straßenbauarten an der Bildung des Deckenstaubes, die eng mit der Straßenbautechnik zusammenhängt.

Die Aussprache, in der Vertreter der Landesanstalt für Boden-, Wasser- und Lufthygiene auf von ihnen ausgearbeitete Forschungsverfahren hinwiesen, ergab Uebereinstimmung mit dem Berichterstatter, der eine Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Ausschüssen der Studiengesellschaft für Automobil-Straßenbau für wünschenswert erklärt. Man muß auch die gesundheitsschädlichen Eigenschaften des Straßenstaubes noch näher erforschen als bisher.

[1]) s. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 39 S. 1385.
[2]) s. P. Beyersdorfer: „Staubexplosionen", Dresden 1928.
[3]) Der Bericht erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.
[4]) Der Bericht erscheint in der Zeitschrift „Der Bauingenieur".

Die in der ersten Fachsitzung gebildete Arbeitsgruppe

Staubmeßwesen

brachte zwei Berichte von Dr.-Ing. Meldau, Berlin, über Stand und Aufgaben der Staubmeßtechnik sowie über das Thema „Kennzeichnung des Reinigungsgrades von Gasreinigern"[5]). Im zweiten Bericht hat Meldau versucht, Grundlagen für Meßvorschriften für die Untersuchung von Gasreinigern und Staubabscheidern zu ermitteln und festzulegen. Der Bericht wurde mit geringfügigen Änderungen angenommen. Er soll nach dem Beschluß des Fachausschusses in die „Regeln für die Untersuchung und Abnahme von Kompressoren und Ventilatoren" eingefügt werden, um die von ihm neu geschaffenen Begriffe „Reinigungsgrad", „Reinheitsgrad", „spezifischer Staubgehalt" usw. in die technische Praxis einzuführen. Der Mitberichterstatter Dr.-Ing. Förderreutter, Berlin, gab einen Bericht über Kohlenstaubmeßwesen, in dem er Messungen an Staubproben und Betriebsmessungen besprach[6]). Bei der Umfänglichkeit des Berichtes konnte man noch nicht in eine Aussprache eintreten. Man wird dies in der nächsten Fachsitzung tun, wenn der Bericht, der namentlich für die Praxis der Brennstaubverwendung sehr aufschlußreich ist, im Druck vorliegt.

Darauf berichtete Obering. Dipl.-Ing. Sell, Brackwede, über einige Versuchsreihen über die

Widerstände von Filtergeweben[6]).

Der Bericht, der auch erst nach Drucklegung besprochen werden kann, bezog sich auf verschiedene Stoffgewebe und Siebgewebe. Besonders bemerkenswert war aus den Ergebnissen der Übergang von der laminaren zur turbulenten Strömung, und zwar hinsichtlich der Geschwindigkeitseinflüsse wie hinsichtlich des Einflusses der Gewebeart. Es wird notwendig sein, dieser Frage erhöhte Beachtung zuzuwenden, weil sie wahrscheinlich für die Eignungsprüfung von Filtern eine Rolle spielen wird und vielleicht auch zu konstruktiven Maßnahmen Anlaß gibt.

Schließlich wurden zwei Filme vorgeführt, von denen einer von Dr. Wolff über das Cottrell-Möller Staubabscheideverfahren, der andre von Dr.-Ing. Meldau als Kulturfilm „Ein heimtückischer Feind" für den Zweck der Aufklärung hergestellt worden sind. [N 2264]

Charlottenburg Dipl.-Ing. Rudolf Barkow, beratender Ingenieur.

[5]) Der Wortlaut des Berichtes wird veröffentlicht in den „Zwanglosen Mitteilungen" Nr. 2 des Fachausschusses für Staubtechnik.
[6]) Der Bericht erscheint in der Zeitschrift „Die Meßtechnik".

Die Panamerikanische Eisenbahn[1])

Von Major a. D. Röpnack, Breslau.

Ursprung und Beratung des Projekts. — Schwierigkeiten in der Verwirklichung und Hindernisse für den Durchgangverkehr. — Die Hauptlinie, die Anteile der Länder in den Abschnitten Nord-, Mittel- und Südamerika und Seitenlinien. — Bauergebnis vom Stand Ende 1928

Es sind nun bereits 40 Jahre, daß man in Amerika von dem bekannten Projekt der interkontinentalen oder Panamerikanischen Eisenbahn spricht, und zwar :it 1890 auf den alle fünf Jahre wiederkehrenden pan- :nerikanischen Konferenzen, auf Techniker-, Wissen- .haftler- und Bankier-Kongressen und dauernd in der stän- gen Kommission: „The Intercontinental Railway Com- ission", in Washington. Die Verwirklichung des großen edankens, alle Länder Amerikas, von Kanada bis Pata- ,nien, durch ein ununterbrochenes Eisenbahnnetz zu ver- nden, ist bis jetzt noch nicht gelungen. Inzwischen ist ıs Zeitalter des interkontinentalen und transozeanischen uftverkehrs angebrochen, Automobile nebst Autostraßen, :hiffe und Luftschiffe werden in immer größeren Aus- aßen gebaut.

Die Panamerikanische Eisenbahn ist ein heikles inanzproblem, technisch, politisch und wirtschaftlich :hwierig; denn 20 Einzelstaaten sind daran beteiligt. Das Gesamtproblem setzt sich also zusammen aus einer Fülle von Einzelaufgaben, die zunächst in den beteiligten Einzelstaaten zu lösen sind. So leicht ist die Lösung nicht wie bei dem Projekt der Kap-Kairo-Bahn in Afrika, die durch rein englisches oder englisch beeinflußtes Gebiet führt und deren technische Schwierigkeiten nicht so groß waren. Die Panamerikanische Eisenbahn bleibt hinsichtlich der fast unüberwindlichen finanziellen, politischen und wirtschaftlichen Schwierigkeiten daher letzten Endes nur noch eine moralische Verpflichtung.

Die beteiligten Staaten erwarten für ihr Land naturgemäß einen wirtschaftlichen Gewinn. Die beabsichtigte Linienführung wird jedoch diesen Wünschen nicht allgemein gerecht werden, höchstens dort, wo sie z. B. bestehende Wirtschaftsbahnen als Glieder der Gesamtkette in sich aufsaugt und die nationalen Forderungen sich mit den internationalen schon jetzt decken. Dem Durchgangverkehr entsteht das größte Hindernis in der verschiedenen Spurweite der Bahnen dieser Länder. Breite und schmale Spuren wechseln auf ihrem Zuge vom Norden nach Süden ab.

Es handelt sich um einen Streckenbau von mehr als 16 000 km in fast durchweg wildestem, zerrissenstem Hochgebirge, unter Überwindung außerordentlicher Höhenunterschiede. Geologische und klimatische Verhältnisse sind denkbar schlecht. Da geeignete Kohle überall fehlt, ist der Ausbau vorhandener Wasserkräfte erforderlich, um die Bahnen elektrisch zu betreiben.

Vielfach wird zur Zeit an Verlängerungen von Bahnstrecken gebaut und allmählich wird nun auch der Stamm der Hauptlinie erkennbar, wenngleich es nur erst Glieder in der Kette sind, wie z. B. die hochgelegenen Teilstrecken der Küstenbahnen, vergl. die Übersichtskarte.

New York—Buenos Aires (16 300 km), das wäre die Verbindung vom Nord- zum Südatlantik. Besser würden St. Louis oder Chikago und La Paz in Bolivien als die Pole der interkontinentalen Strecke zu bezeichnen sein.

Nordamerikas Eisenbahnnetz — mit Einschluß desjenigen von Kanada — ist mit dem von Mittelamerika über Mexico vereinigt, an der Grenze Mexico—Guatemala, bei Ayutla, tritt die interkontinentale Bahn aus dem Netz heraus und wird für den weiteren Abschnitt Mittelamerika sowie für den Abschnitt Südamerika nur Verbindungsglied. In Mittelamerika betreibt die Intercontinental Railway of Central-America die Bauten und Pläne. Von Ayutla ab ist die Bahn bis zur Stadt Guatemala und Station Zacapa fortgeführt, von wo aus sie über die Grenze von San Salvador nach Salvador (Stadt), über Matapan, Usulután bis La Union weitergeleitet wird und dann über Saucitos das Gebiet der Republik Nicaragua betritt. Hier geht sie über Chinandega, Corinto, León, Nagorote, Managua, Granada am Nicaraguasee, am Seeufer bleibend, über Mandaime, Menier, Rivas (Kakaogebiet) bis zur Grenze von Costa Rica bei Peña Blanca; dann immer noch am See ent-

Linienführung der Panamerikanischen Eisenbahn.

[1]) Bearbeitet nach: Politica Ferroviaria de la América, von Ing. :M. Vicuna, Santiago de Chile 1927.

lang, aber etwas nördlich gerichtet, bis San Carlos, von wo aus sie weiter durch Costa Rica bis La Junta kommt, um von hier aus bei Matina den Atlantischen Ozean zu erreichen. Bei Colon am Eingang zum Panamakanal mündet sie in die interozeanische Bahn von Colon – Panamá. Dem Projekt nach folgt sie wieder der Küste des Pazifik bis Puerto Quemado an der kolumbianischen Grenze.

Zu bemerken ist, daß hier in Mittelamerika Teile der geplanten Linienführung in den einzelnen Staaten im Betrieb oder im Bau sind, deren ungehinderte Fortführung zu erwarten steht, weil die Vereinigten Staaten von Nordamerika aus wirtschafts- und machtpolitischen Gründen heraus in Mittelamerika eine besondere Vorrechtszone erblicken. Der Schwerpunkt liegt in Nicaragua, wo Nordamerika in der Linie San Juan – Nicaragua-See – Brito eine zweite, verbesserte Kanalzone erstrebt.

In Kolumbien ist der Weg der Bahn durch die Flüsse Rio Atrato, Rio Cauca und Rio Patia gegeben. Von Antioquia bis Tulcan will man mit Rücksicht auf die Anschlüsse an bereits bestehende Bahnen und an Hafenplätze, wie Buenaventura und Tumaco, sowie mit Rücksicht auf umfangreichen Berg- und Plantagenbau in Kolumbien dem Caucatal folgen, obgleich die Hauptstadt Bogotá dadurch zunächst noch abgelegen bleibt und die geplante Heranführung der Bahn von Valencia – Caracas aus Venezuela sich außerordentlich schwierig gestaltet. Von der Cauca-Linie ist der zweite Teil von Pereira ab über Cartago – Cali – Silva – Popayana bereits im Betrieb. Kolumbiens geographisches Merkmal sind die drei Parallelzüge der Anden mit den langen, weitverzweigten Stromgebieten des Rio Cauca und Rio Magdalena. Es besteht hier eine der schwierigsten technischen Aufgaben, wenn man das Gesamtgebilde mit einer Bahn durchqueren will, besonders bis Bogotá oder darüber hinaus bis Caracas. Ähnliche Verhältnisse finden wir wieder in Peru, während in Ecuador und Bolivien die Kordilleren-Hochsteppen einen Bahnbau erleichtern.

Bei der südlichen Weiterführung der interkontinentalen Bahn durch Ecuador von Tulcan ab vereinigt sich das Projekt mit der bereits im Betrieb und nach Norden wie Süden hin im Verlängerungsbau befindlichen Zentralbahn: Quito – Sibambe – Cuenca – Loja und kommt in Richtung San Ignacio auf peruanischen Boden. Hier wird das Projekt die Täler des Rio Chinchipe, Rio Marañon und des oberen Rio Huallaga ausnutzen, um bei Goillarisquisca die von Callao aus heraufkommende Zentralbahn zu treffen. Letztere läuft als interkontinentale Strecke über Oroya heute bis Huancayo und wird in der Verlängerung nach Süden gedacht über Ayacucho, Abancay um in Cuzco aufgenommen zu werden von der Bahn Cuzco – Puno, am Titicacasee.

Über die baldige Vereinigung der noch mehrfach zerrissenen interkontinentalen Kette vom Norden her mit der vom Süden, die zwischen Puno und dem bolivianischen Hafen Guaqui am Titicacasee erfolgen muß, wird zur Zeit verhandelt. Von Guaqui ab nach Süden liegt eine geschlossene Eisenbahnlinie im interkontinentalen Sinne bis Buenos Aires bereits vor. Sie geht durch Bolivien über La Paz, Oruro, Uyuni, Tupiza nach La Quiaca an der argentinischen Grenze; durch Argentinien über Jujuy, Tucuman, Cordoba, Rosario nach Buenos Aires.

Die Gesamtlänge der Panamerikanischen Eisenbahn würde bei der beabsichtigten Linienführung, d. h. nach den Festsetzungen des Dauerkomitees in Washington 16 300 km betragen. Diese verteilen sich folgendermaßen:

			davon erbaut	noch zu bauen
Nordamerika . .	km	6 010	6 010	—
Mittelamerika .	„	2 290	1 368	922
Südamerika . .	„	8 000	3 902	4 098
Insgesamt		16 300	11 280	5 020
Im Verhältnis vH			69	31

Erwähnt sei nur noch, wie außer Buenos Aires noch die Hauptstädte der übrigen südamerikanischen Staaten an die Hauptlinie herangeführt werden sollen.

La Paz (Bolivien) ist bereits als „Südpol" der panamerikanischen Bahn bezeichnet worden. Nach Osten wird Rio de Janeiro über Cochabamba, Corumbá verbunden werden, das sind rd. 3000 km. Nach Asunción (Paraguay) kommt die Verlängerung der bolivianischen Zweiglinie in Frage, 1800 km, die in die vorhandene Bahn nach Montevideo einmündet. Entfernung La Paz – Montevideo = 3230 km. Von La Paz nach Santiago de Chile führt bereits eine Bahn über Uyuni – Antofagasta, Entfernung 2630 km. [B 1425]

Die Explosion auf dem Motorschiff „Kungsholm"

Das Seeamt zu Hamburg verhandelte am 15. November 1928 über die Explosion auf dem Motorschiff „Kungsholm" von 19 000 t der Schweden-Amerika-Linie. Das Schiff, das von Blohm & Voß, Hamburg, erbaut und mit Dieselmotoren von Burmeister & Wain, Kopenhagen, ausgerüstet ist, machte am 14. Oktober 1928 in der Nordsee seine Probefahrt, die in jeder Hinsicht zur Zufriedenheit verlief, so daß das Schiff abgenommen wurde. Kurz nach Beendigung der Probefahrt, als sich das Schiff rückkehrend auf der Höhe von Helgoland befand, ereignete sich im Maschinenraum eine Explosion, wobei durch Stichflammen 5 Mann getötet und 19 verletzt wurden.

Die Maschinenanlage besteht aus zwei doppeltwirkenden Viertakt-Dieselmotoren mit je sechs Zylindern. Die Explosion nahm ihren Ausgang vom Kurbelgehäuse des Steuerbordmotors. Die Motoren wurden jedoch nicht beschädigt, liefen vielmehr weiter und wurden erst 6 min nach der Explosion gestoppt. Das Schiff setzte mit dem Backbordmotor seine Rückfahrt nach Cuxhaven fort.

Die Untersuchung ergab, daß die Zündung von der Steuerung, zwischen dem 3. und 4. Zylinder des Motors, ausgegangen war. Die Bronzebüchsen der Spannrolle eines Kettenzuges hatten sich heiß gelaufen und waren vollständig festgebrannt, so daß die Stifte, die die Bronzebüchsen in der Spannrolle sicherten, abgebrochen wurden und die Spannrolle auf den Büchsen lief. Die starke Reibungswärme zersetzte das Schmieröl, wobei sich Ölgas bildete.

Eine stärkere Explosion trat erst ein, als sich die Zündung von dem Steuergehäuse in das Kurbelgehäuse des Motors fortpflanzte. Das Kurbelgehäuse war mit zerstäubtem Öl erfüllt, das im Gemisch mit Luft verpuffte. Diese Verpuffung wurde von allen Zeugen wahrgenommen und war nicht besonders stark. Sie hatte aber zur Folge, daß drei Blechdeckel des Kurbelgehäuses weggeschleudert wurden, die noch nicht von der Explosion erfaßten Ölnebel herausströmten und eine Stichflamme entwickelten.

Der Widerstand, den die Stichflamme zunächst an der Bordwand und weiter an den Einbauten des Maschinenraumes fand, bewirkte, daß sie in mehrfacher Umkehrung und Verzweigung durch den Raum fegte und sich dann nach oben hinaus unter starkem Knall vollständig entlud. Dabei wurde das Oberlicht des Maschinenraumes emporgehoben und fortgeschleudert, während im Maschinenraum selbst keine kennzeichnenden Explosionschäden auftraten. Das gleiche gilt von den tödlichen und den anderen Verletzungen, die durchweg das Wesen von Brandwunden hatten.

Bei diesem Sachverhalt lief in der Verhandlung alles auf die Frage hinaus, ob die Explosion im Maschinenraum durch Benzindämpfe verursacht oder verstärkt worden war; denn man hatte zum Reinigen der Brennstoffsiebe Benzin benutzt, so daß sich im Maschinenraum noch Putzbenzin oder benzinhaltiges Ablauföl befunden haben konnte. Hierüber gingen aber die Meinungen der Sachverständigen sehr stark auseinander. Der eine nahm an, daß Benzindämpfe im Maschinenraum vorhanden gewesen seien und erklärte daraus die zweite Explosion, der andere wies dagegen darauf hin, daß sich das Entstehen der Stichflamme, die allein die Verluste an Menschenleben und die Verletzungen verursacht hatte, auch schon daraus erklären lasse, daß nach der ersten schwächeren Verpuffung im Kurbelgehäuse die Schmierölnebel in den Maschinenraum ausströmten und sich dabei entzündeten.

Das Urteil des Seeamtes lautete, daß an dem Unfalle niemanden ein Verschulden treffe, auch nicht durch fahrlässigen Umgang mit Benzin, die Verhandlung habe keinen bestimmten Anhalt dafür ergeben, daß die Explosion durch Anwesenheit von Benzindämpfen verursacht oder verstärkt worden sei. [N 2317]

Druckluft-Zahnradmotoren mit Pfeilverzahnung

Von Dipl.-Ing. Robert Ewalds, Crefeld

Wirkungsweise und Aufbau der Pfeilradmotoren, beschrieben unter besonderer Berücksichtigung der Umsteuerbarkeit durch Vertauschung der Luftwege. — Anwendungsmöglichkeiten. — Ausgeführte Maschinen mit Pfeilradmotorantrieb.

Vor etwa sechzehn Jahren hat man die ersten Pfeilradmotoren gebaut. Das älteste diesbezügliche Patent hat im Jahre 1912 van Deventer in Amerika angemeldet[1]). Unter Benutzung dieses Patentes führte zunächst die Buffalo Forge Co. sogenannte Spiroturbines für Dampfantrieb aus. Ob diese dampfbetriebenen Motoren eine große Verwendung erfahren haben, ist hier nicht bekannt geworden. Man kann wohl annehmen, daß man nach dem damaligen Stand der Werkstattechnik die Zahnräder nicht hinreichend genau bearbeitet hat. Auch die Verwendung von Wälzlagern, die für die Lagerung der Läufer wohl am zweckmäßigsten ist, war zu jener Zeit im allgemeinen Maschinenbau noch nicht so gebräuchlich wie heute. Größere Bedeutung erlangten die Motoren, als man mit Erfolg versuchte, sie mit Druckluft zu betreiben und die Vorteile der Wälzlager erkannt und sich zunutze gemacht hatte. In dem Pfeilradmotor hatte man nämlich eine Antriebmaschine gefunden, die, zumal unter den besonders schwierigen Verhältnissen unter Tage, der bis dahin gebräuchlichen Kolbenmaschine weit überlegen war. In Amerika und England benutzte man die Motoren zunächst für den Antrieb von Schrämmaschinen. Für denselben Zweck wurde der Pfeilradmotor im Jahre 1925 zum ersten Mal in Deutschland gebaut, wo er sich dann sehr schnell einbürgerte.

Aufbau der Pfeilrad-Motoren

Zwei Läufer mit Pfeilverzahnung, Abb. 1, werden von einem Gehäuse derart umschlossen, daß zwischen Läufern und Gehäuse ein möglichst geringes Spiel vorhanden ist. Im Gehäuse befinden sich Öffnungen a, Abb. 1, durch die die Druckluft eintritt. In Abb. 2 sind die Einströmöffnungen a strichpunktiert angedeutet. Die Druckluft füllt die Lücken b und c, und b' und c'. Die z. B. in der Lücke b eingeschlossene Luft übt auf den Läufer d einen Druck in tangentialer Richtung aus, der dem Produkt aus Druckfläche (Zahnhöhe $\times\ 2x$) und dem spezifischen Überdruck in der Lücke entspricht. Nachdem der Kopf eines Zahnes die Einströmöffnung überlaufen hat, ist für die nach außen hin liegende Lücke die Einströmung beendet. Da beim Weiterlauf sich die Zahnlücken vergrößern, wird die eingeschlossene Luft sich ausdehnen und die hierbei freiwerdende Arbeit an die Läufer abgeben. Sobald eine Zahnlücke mit dem Gegenläufer außer Eingriff gekommen ist, kann die in der Lücke eingeschlossene Druckluft keine Arbeit mehr abgeben. An den entsprechenden Stellen tritt die die Läufer umschließende Gehäusewand zurück, die Luft entweicht ins Freie. Insgesamt wirkt an den Läufern ein Drehmoment, das dem Produkt aus Zahnhöhe, Läuferlänge und einem mittleren Überdruck in den Zahnlücken entspricht. Die Größe dieses mittleren Druckes ist von der Größe der Füllung abhängig.

Die übliche konstruktive Ausbildung des Motors zeigt Abb. 3. Die Läufer sind in Wälzlagern gelagert, die in Gehäusedeckeln eingebaut sind. Um das Anlaufen der Läufer an den Stirnflächen zu verhindern, muß der Läufer in axialer Richtung festgelegt werden. Je nach den besonderen Verhältnissen, unter denen der Motor arbeiten soll, hält man durch besondere Drucklager oder durch die Läufer die Wälzlager selbst fest, die dann neben radialen auch axiale Belastungen aufnehmen.

[1]) Nr. 12 623.

Abb. 1
Gehäuse und Läufer eines Pfeilradmotors.
a Öffnungen für den Eintritt der Druckluft

Die Möglichkeit, solche Motoren umsteuerbar auszubilden, erscheint theoretisch zunächst einfach. Man muß das Treibmittel von der entgegengesetzten Läuferseite aus und zwar nicht in der Mitte, sondern an den Seiten einströmen lassen, Abb. 4, wobei die Einströmöffnungen für den Lauf, der dem jeweiligen entgegengesetzt ist, mit der Außenluft in Verbindung zu bringen sind. Während beim einfachwirkenden Motor auf der zusammenlaufenden Läuferseite das Gehäuse zurücktritt, muß beim umsteuer-

Abb. 3
Konstruktive Ausbildung des Pfeilradmotors.

Abb. 2
Lufteinströmung in der Mitte.

a, *a'* Einströmöffnungen
b, *b'*, *c*, *c'* Lücken
d Läufer
x Zahnbreite

Abb. 4
Lufteinströmung an den Seiten.

Abb. 5.
Teilung des Gehäuses, wodurch das Verdichten der Luft auf den zusammenlaufenden Läuferseiten verhindert wird.
a Lufteintritt

Abb. 6
Verwendung von Büchsen.
a Lufteintritt
b, *c* im Gehäuse drehbar gelagerte Büchsen

Ansicht der Läufer von unten

Ansicht der Läufer von oben

Abb. 7 bis 9
Anordnung von Ventilen, die wechselweise von Treibmitteln oder von der verdichteten Luft gesteuert werden.
a Kugeln zum Abschließen der Öffnungen *f*
b Eintrittkammer der Druckluft
c Einströmöffnung
d Austrittkammer der Druckluft
e Kugeln zum Abschließen der Öffnungen *g*
f, *g* Ventilöffnungen
h einer der beiden Läufer

baren Motor das Gehäuse die Läufer bis auf die Ausströmöffnungen ganz umschließen. Die in den Lücken eingeschlossene Luft wird bei der Seiteneinströmung gegen die Außenluft durch die Gehäusebohrung, die Verzahnung des Gegenläufers und durch die Stirnwände abgeschlossen. Bei Eintritt der Treibluft in die Läufer von unten durch die Öffnungen *a*, Abb. 1, wird also auf der oberen Läuferseite, sobald die Verzahnung zusammenläuft, die in den Zahnlücken eingeschlossene Luft verdichtet, bis die Zahnlücken in Verbindung mit der Einströmöffnung für die entgegengesetzte Laufrichtung treten; die Verdichtung wirkt der Drehrichtung der Läufer entgegen. Diese Erscheinung wirkt um so ungünstiger, mit je geringerer Füllung der Motor arbeitet.

Man könnte zwar durch Vergrößerung der Füllung für Vorwärts- und Rückwärtslauf die unerwünschte Verdichtung verhindern oder doch vermindern und die Leistung steigern. Anderseits würde bei Vergrößerung der Füllung auf weitgehende Ausdehnung des Treibmittels und somit auf einen Hauptvorzug des Pfeilradmotors, der in dem geringen Luftverbrauch begründet ist, verzichtet werden.

Mittels verschiedener Mittel kann man das Verdichten der Luft auf der zusammenlaufenden Läuferseite verhindern. Man teilt das Gehäuse, Abb. 5. Drehen sich die Läufer in Pfeilrichtung, so wird der untere Gehäuseteil den Läufern genähert, der obere von den Läufern entfernt und die Luft von unten zugeführt. Soll die Drehrichtung umgekehrt werden, so wird der obere Gehäuseteil den Läufern genähert, der untere entfernt und die Druckluft von oben eingeleitet. Ein nach diesen Gesichtspunkten gebauter umsteuerbarer Motor wird in seinem Luftverbrauch und seiner Leistung nicht wesentlich ungünstiger als der einfachwirkende Motor arbeiten. Die Schwierigkeit der Durchführung liegt zweifellos in der werkstattechnischen Ausführung; sie wird sehr kostspielig. Ferner wird der Aufbau des Motors verwickelt, da man durch ein mehr oder weniger umfangreiches Gestänge die Luftzufuhr von der einen Seite absperren und für die andre Seite frei geben, den einen Gehäuseteil heben und den andern senken muß. Jeder Konstrukteur, der mit dem Bau von Maschinen für die Verwendung unter Tage zu tun hat, weiß jedoch, wie sehr sich der Bergmann gegen den Gebrauch von verwickelten Maschinen sträubt.

Ein andres Mittel, um die Bremsung der Läufer durch die Verdichtung auf der zusammenlaufenden Läuferseite zu beseitigen, ist die Verwendung von Büchsen, die sinngemäß verdreht werden. Die Läufer werden hierbei von den in dem Gehäuse drehbar gelagerten Büchsen *b* und *c*, Abb. 6, umschlossen. Die Läufer steuert man dadurch um, daß man die Büchse *b* im Uhrzeigersinn, die Büchse *c* entgegengesetzt dazu dreht und die Luft von oben den Läufern zuführt. Bei größeren Bauarten ist es zweifelhaft, ob die Anwendung dieser Lösung gestattet, die Büchsen während des Motorlaufs ohne besondre Hilfsmittel leicht zu drehen. Luftwege und Büchsen müßte man dann zweckmäßig gemeinsam durch einen Handhebel bedienen.

Einen grundsätzlich andern Weg, die unerwünschte Verdichtung zu vermindern, hat der Verfasser eingeschlagen. Während bei den vorbeschriebenen Lösungen der Maschinist die Zahnlücken auf der zusammenlaufenden Läuferseite mit der Außenluft durch Betätigung eines Hebels verbindet, werden bei dieser Ventile angewendet, die wechselweise von dem Treibmittel oder von der verdichteten Luft gesteuert werden.

Soll sich der Läufer *h*, Abb. 7 bis 9, entgegengesetzt dem Uhrzeigersinne drehen, so wird das Treibmittel durch einen außerhalb des Motorgehäuses liegenden, in der Zeichnung nicht angedeuteten Umsteuerschieber in die Kammer *b* geleitet, während gleichzeitig die Kammer *d* mit der Außenluft verbunden ist. Durch den Luftdruck werden die Kugeln *a* auf ihren Sitz gedrückt und schließen die Öffnungen *f* ab. Die durch die Öffnung *c* strömende Druckluft bewirkt die Drehung der Läufer. Die in der Kammer *d* befindlichen Kugeln *e* werden durch den bei der Drehung in den Zahnlücken entstehenden Verdichtungsdruck hochgehoben und geben die Öffnungen *g* frei, so daß die verdichtete Luft in die Kammer *d* und von da aus ins Freie entweichen kann. Soll die Drehrichtung der Läufer umgekehrt werden, so wird die Kammer *d* mit der Treibmittelzuleitung, die Kammer *b* mit der Außenluft in Verbindung gebracht und der Vorgang spielt sich in umgekehrter Reihenfolge ab.

Die Durchführung dieser Lösung bedingt nur eine unwesentliche Erhöhung der Herstellkosten, da die Einfachheit des Aufbaues gewahrt bleibt und die zur Verwendung kommenden Steuerorgane, Kugeln, billig sind. Um die Drehrichtung der Läufer umzukehren, ist es lediglich notwendig, die Luftwege durch einen verhältnismäßig einfachen Hahn umzusteuern.

Während bei Drehrichtung der Läufer im Pfeilsinne der Zähne die in den Zahnlücken befindliche Luft durch die Gehäusebohrung und durch die Verzahnung des Gegenläufers abgedichtet wird, müssen bei Umkehr der Drehrichtung, bei der die Pfeilspitzen der Verzahnung der Drehrichtung entgegenlaufen, auch die Seitenwände, zwischen denen die Stirnflächen der Läufer sich bewegen, die Zahnlücken abdichten. Daher darf das Spiel zwischen Läufer und Stirnflächen nicht zu groß sein, damit man unnötige Verluste durch Überströmen der Druckluft vermeidet. Anderseits besteht bei Anwendung zu geringen Spieles die Gefahr, daß die Läufer an den Seitendeckeln an-

laufen. Daher ist bei diesen umsteuerbaren Motoren, wenn keine besonderen Maßnahmen getroffen werden, der Luftverbrauch in der einen Laufrichtung etwas größer als in der andern.

Schon van Deventer hat in seiner Patentschrift einen Weg, nämlich Verwendung einer Z-förmigen Verzahnung, angegeben, der gleiche Verhältnisse für beide Drehrichtungen gewährleistet, Abb. 10 und 11. Die doppelte Pfeilradverzahnung erhöht jedoch die Kosten für die Läufer um 50 vH, ohne daß die Motorleistung entsprechend gesteigert wird. Ein Drittel der wirksamen Läuferlänge wird nicht ausgenutzt, und infolge des längeren Gehäuses läßt sich der Motor nicht mehr so gedrängt bauen wie vorher.

Eine Verbesserung der Verhältnisse für den Rückwärtslauf kann man in andrer Weise durch Anwendung einer Labyrinthdichtung erreichen, Abb. 3. Mit den Läufern fest verbundene Scheiben laufen mit geringem Spiel in entsprechenden Bohrungen der Gehäusedeckel, so daß die Druckluft, um durch die Lager nach außen zu entweichen, schmale, labyrinthartige Schlitze durchlaufen muß, wodurch sie erheblich gedrosselt wird und die Überströmverluste vermindert werden.

Umsteuerbare Druckluft-Zahnradmotoren der Demag A.-G.

Die umsteuerbaren Druckluft-Zahnradmotoren, Bauart ZM der Demag, A.-G., Duisburg, bestehen im wesentlichen aus dem eigentlichen Motor und aus dem Getriebekasten mit Übersetzungsgetriebe, Regler, Umsteuerschieber und eingebautem Drucköler, Abb. 3 und 12. In dem Motorgehäuse drehen sich zwei in Eingriff befindliche, winklig verzahnte Läufer praktisch spielfrei. Sie sind in den beiden Seitendeckeln auf kräftigen Wälzlagern gelagert, die zugleich als Längsdrucklager dienen, falls nicht besondere Druckkugellager eingebaut sind, so daß bei geneigter Lage der Maschine die Betriebssicherheit in keiner Weise beeinträchtigt wird. Den Motor steuert man dadurch um, daß man den Läufern die Druckluft für die eine Drehrichtung von unten und für die andre Drehrichtung von oben zuführt. Die Verdichtung der Luft in den Zahnlücken auf der zusammenlaufenden Läuferseite wird verhindert durch luftgesteuerte Kugelventile, Abb. 7. Die Gehäusedeckel sind gegen die Stirnfläche der Läufer durch Labyrinthdichtungen, Abb. 3, abgedichtet.

Die in den Getriebekasten ragende Verlängerung einer Läuferwelle überträgt das Drehmoment durch Ritzel und Zahnrad auf die Vorgelegewelle, die über den Läufern gelagert ist. Durch Änderung des Übersetzungsgetriebes kann man bei gleichbleibender Läuferdrehzahl die Drehzahl der Vorgelegewelle dem jeweiligen Verwendungszweck anpassen. Für die in den meisten Fällen verlangte Gleichförmigkeit der Drehzahl bei verschiedenen Belastungen sorgt ein Fliehkraftregler, der auf einer Läuferwelle sitzt, Abb. 3, und auf einen Drosselschieber wirkt. Die Umlaufzahl der Läufer schwankt zwischen 3500 bei den kleineren und 1200 U/min bei den größeren Motoren.

RZ 1762 Z 12

Abb. 12
Druckluft-Zahnradmotor, Antriebseite.

Die Luft wird dem Motor für den Rechts- oder Linkslauf der Maschine durch ein Steuerorgan zugeleitet, dessen Handgriff man in drei Lagen — Vorwärts, Stillstand und Rückwärts — feststellen kann. In Sonderfällen, z. B. bei Benutzung des Motors für den Antrieb von Förderhaspeln, kann man das Steuerorgan durch einen Hebel mit dem Steuergestänge des Haspels verbinden, um den Haspel in der gewohnten Art, gegebenenfalls auch durch Fernsteuerung, zu bedienen.

Das Getriebe schmiert man durch Füllung des Getriebekastens mit Fett, den Motor selbst durch einen Drucköler, der das Öl der Druckluft zuführt.

Den Preßluftanschluß kann man den jeweiligen Erfordernissen entsprechend seitlich, Abb. 12, oder an der Stirnseite (Bedienungseite) einbauen. Ein in den Anschlußstutzen eingebautes Sieb verhindert den Zutritt von Fremdkörpern.

Der Luftverbrauch der Druckluft-Zahnradmotoren beträgt bei den mittleren Größen 0,6 m³/PS min angesogene Luft. Hierbei ist die Leistung des Motors am Vorgelegewellenstumpf zugrunde gelegt, so daß der Wirkungsgrad des Getriebes bereits berücksichtigt ist. Im Vergleich mit dem Kolbenmotor zeigt der Zahnradmotor neben günstigem Luftverbrauch auch einen sehr geringen Ölbedarf, der bei einem 10 PS-Motor etwa 0,25 l für eine Schicht beträgt.

Anwendungsbeispiele von Druckluft-Pfeilradmotoren

Die Druckluft-Pfeilradmotoren eignen sich besonders zum Antrieb der Haspeln, da man den Motor selbst bei höchster Drehzahl leicht umsteuern kann. Wertvoll ist vor allem das hohe Anzugmoment des Motors, das das Normalmoment um etwa 60 vH überschreitet. Seine gedrängte und vollständig geschlossene Bauart entspricht den Erfordernissen des Bergwerkbetriebes unter Tage.

RZ 1762 Z 10 u 11

Abb. 10 und 11
Z-förmige Verzahnung.

RZ 1762 Z 13

Abb. 13
Kettenschrämmaschine mit Druckluftantrieb.

Abb. 14 und 15
Druckluft-Stangenschrämmaschine.

Auch die Schmierung der Wälzlager der Maschine ist den besonderen Verhältnissen unter Tage angepaßt; eine Hochdruckfettspritze bringt die Schmiermittel an die gewünschten Stellen, ohne daß Verunreinigungen an die Lagerstellen gelangen können.

Die Druckluft-Kettenschrämmaschine, Abb. 13, wird durch einen in der Mitte liegenden Pfeilradmotor, der bei 1500 U/min und 4 at Druck eine Leistung von 40 PS entwickelt, angetrieben. Eine Druckluft-Stangenschrämmaschine zeigen Abb. 14 und 15.

Zum Entsümpfen von Schächten und für Abteufzwecke kann man Kreiselpumpen, die unmittelbar mit einem Pfeilradmotor, Abb. 16, gekuppelt sind, verwenden. Solche Maschinensätze beanspruchen im Vergleich mit den bisher gebräuchlichen Kolbenpumpen nur geringen Raum; sie können leicht befördert werden.

Auch der deutsche Bergbau hat der Verwendung von Förderbändern unter Tage, die sich in Amerika schon seit mehreren Jahren eingebürgert und bewährt haben, erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Abb. 17 zeigt ein Förderband mit Mittelantrieb durch Pfeilradmotor. Infolge der gedrängten Bauart kann man den Motor unter dem Band anordnen, so daß er vor Beschädigungen von außen geschützt ist. Abb. 18 zeigt einen Klemmscheibenhaspel mit Pfeilradmotor-Antrieb. Den Haspel kann man ohne Benutzung des Druckluftantriebes allein durch Umsteuerschieber und Fußbremse bedienen.

Mit den angeführten Beispielen sind die Anwendungsmöglichkeiten des Pfeilradmotors keineswegs erschöpft. Auf die Verwendung für den Antrieb von Kratzbändern unter Tage und Maschinen in feuergefährlichen Betrieben, z. B. Rührwerken u. a., soll nur hingewiesen werden.

[B 1762]

Abb. 17
Demag-Förderband mit Mittelantrieb.

Abb. 16
Pfeilrad-Druckluftmotor und Kreiselpumpe.

Abb. 18
Klemmscheibenhaspel mit Pfeilradmotor.

Arbeitsgeschwindigkeit der Motorpflüge

Von Dipl.-Ing. W. F. Schirmer, Leipzig

Die zunehmende Verwendung von Zugmaschinen an ·lle von Gespannen in der Landwirtschaft zwingt dazu, günstigsten Verhältnisse wirtschaftlicher Arbeitsleistung das Pflügen mit Schleppern folgerichtig zu unter- ·hen. Zu streben ist natürlich nach einem möglichst gün- ·gen Wirkungsgrad der Pflugarbeit, d. h. möglichst großer ·ächenleistung bei geringstem Aufwand.

Die Wirtschaftlichkeit des Schlepperpflügens hängt ·n dem Wirkungsgrad der Zugmaschine und des ange- ·ngten Bodenbearbeitungsgerätes ab. Der Wirkungsgrad ·s Anhängegerätes ist in erster Linie von der Arbeits- ·schwindigkeit abhängig, und es soll im folgenden dieser ·nfluß untersucht werden. Der Zugwiderstand Z ·nes Pfluges ist bestimmt durch die Gleichung

$$Z = f\,w \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

·rin f die Querschnittsfläche des bearbeiteten Boden- ·eifens und w den spezifischen Bodenwiderstand bedeutet.

Die Zughakenleistung des Schleppers ist

$$N_e = \frac{Z\,v}{75}\,\text{PS} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

Um die Größe des spezifischen Widerstandes w bei ver- ·hiedenen Geschwindigkeiten zu ermitteln, wurden auf ·nem gleichmäßig beschaffenen Felde mit sandigem Lehm- ·den Zugkraftmessungen ausgeführt bei Geschwindig- ·iten von 3 bis etwa 9 km/h mit drei verschiedenen Pflug- ·rperformen. Das Ergebnis dieser Zugkraftmessungen ist Abb. 1 dargestellt. Es zeigt, daß der spezifische Zug- ·derstand mit der Geschwindigkeit verhältnismäßig stark ·steigt. Die Körperform I hat hierbei bei den Geschwin- ·gkeiten bis 5 km/h einen etwas geringeren, bei den ·heren Geschwindigkeiten einen größeren Zugwiderstand ·s die Körperform II. Der Zugwiderstand der Pflug- ·rperform III ist niedriger als der der beiden anderen, ·rläuft aber nahezu im gleichen Abstand von der ·urve II. Bei dieser Körperform sind also annähernd die ·eichen Folgerungen auf die Wirtschaftlichkeit zu er- ·arten wie bei der mit II bezeichneten Streichblechform.

Die Flächenleistung L ha/h ist das Produkt aus der ·beitsbreite des Pfluges b in dm und der Arbeitsgeschwin- ·gkeit v (km/h) und läßt sich durch die Gleichung aus- ·ücken

$$L = \frac{b\,v\,\alpha}{100} \quad \ldots\ldots\ldots (3).$$

Der Faktor α berücksichtigt die Zeitverluste auf dem ·orgewende, durch Brennstoffauffüllen und andere kleine ·ufenthalte während der Arbeit. Für die folgende Rech- ·ng ist angenommen: $\alpha = 0{,}75$.

Aus den ermittelten Werten für den spezifischen Zug- ·derstand lassen sich mit Hilfe der angegebenen Gleichun- ·n ohne weiteres die bei den einzelnen Pfluggeschwindig- ·iten erforderlichen Zugkräfte oder Zugleistungen und die ·ächenleistungen ermitteln. Die entsprechenden Werte ·r die Pflugkörperform II sind in der Zahlentafel 1 in der ·nken Hälfte zusammengestellt, und zwar ist hier zunächst ·n Pflug von 6 dm Arbeitsbreite mit 2 dm Tiefgang an- ·nommen. Wie die Tabelle zeigt, steigen die Zugkräfte ·d die Zughakenleistung N_e mit der Geschwindigkeit ·ßerordentlich stark an.

Zur Ermittlung der Brennstoffkosten ist der Brenn- ·offverbrauch $c = 0{,}5$ kg/PSh, auf den Zughaken bezogen, ·grundegelegt, entsprechend 0,5 Schlepperwirkungsgrad. ·r Brennstoffpreis ist eingesetzt mit $k = 0{,}35$ ℛℳ/kg. Der ·ennstoffverbrauch auf 1 ha ist bei diesen Annahmen

$$C = \frac{N_e\,c}{L} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

·d die Brennstoffkosten auf 1 ha betragen

$$K = C\,k \quad \ldots\ldots\ldots (5).$$

Abb. 1 Spezifischer Zugwiderstand bei veränderlicher Geschwindigkeit und verschiedenen Pflugkörperformen *I, II, III.*

Auf das Ergebnis der Untersuchung hat es keinen Einfluß, wie hoch man den Brennstoffverbrauch auf 1 PSh und den Wirkungsgrad einsetzt, da es sich ja hier nur um die Änderung der Werte bei verschiedenen Geschwindigkeiten handelt. Jedenfalls wachsen der Brennstoffverbrauch und die Brennstoffkosten mit der zunehmenden Geschwindigkeit sehr stark. Während bei 3 km/h Geschwindigkeit die Brennstoffkosten 6,95 ℛℳ/ha betragen, steigen sie bei 5 km/h auf 7,10 ℛℳ/ha und bei 10 km/h auf 12,15 ℛℳ/ha.

Die Durchführung der Rechnung für eine gleichbleibende Arbeitsbreite des Pfluges hat gewissermaßen nur theoretischen Wert, da die Arbeit bei größeren Geschwindigkeiten eine zu starke Zugmaschine erfordern würde, die bei geringeren Geschwindigkeiten nur sehr unwirtschaftlich ausgenutzt werden kann. Es ist daher zu untersuchen, wie die Flächenleistungen und die Kosten für die Arbeit sich verhalten bei einer Maschine mit gleichbleibender Zughakenleistung, die bei den verschiedenen Geschwindigkeiten voll ausgenutzt wird. Der Untersuchung sei eine Zugmaschine von 10 PS Zughakenleistung und eine Pflugtiefe $t = 2$ dm zugrundegelegt. Da die Zugkraft am Zughaken mit der steigenden Geschwindigkeit abnimmt, muß die Arbeitsbreite des angehängten Gerätes je nach der Geschwindigkeit verschieden sein. Der Furchenquerschnitt ist

$$f = b\,t = \text{Furchenbreite} \times \text{Arbeitstiefe} \quad \ldots (6),$$

also die Zugleistung

$$N_e = \frac{Z\,v}{75} = \frac{f\,w\,v}{75} = \frac{b\,t\,w\,v}{75} \quad \ldots\ldots (7).$$

Hieraus ergibt sich die Arbeitsbreite

$$b = \frac{75\,N_e}{t\,w\,v} \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

Wenn wir diesen Wert für die Arbeitsbreite in Gl. (3) einsetzen, ergibt sich

$$L = \frac{75\,N_e\,v\,\alpha}{t\,w\,v\,100} = \frac{75\,N_e\,\alpha}{t\,w\,100} \quad \ldots\ldots (9).$$

In dieser Gleichung fällt v, das im Zähler und Nenner vorkommt, heraus, und es ergibt sich, daß die Flächenleistung nicht von der Arbeitsgeschwindigkeit abhängt, sondern bei konstanter Zughakenleistung und Arbeitstiefe nur eine Funktion des spezifischen Bodenwiderstandes w ist, mit anderen Worten: da nach Abb. 1 der spezifische Bodenwiderstand mit der Geschwindigkeit anwächst, muß die Flächenleistung abnehmen. Die mit den oben angegebenen Gleichungen ermittelten Werte für die Körperform II sind in Zahlentafel 1 angegeben und in Abb. 2 als Kurve aufgetragen. Der Brennstoffverbrauch auf 1 ha ist in diesem Falle nach denselben Gleichungen zu ermitteln wie oben. Da die Zughakenleistung hier als konstant angenommen ist, müssen auch Brennstoffverbrauch und Brennstoffkosten bei zunehmender Geschwindigkeit entsprechend der ab-

Zahlentafel 1

Betriebskosten und Leistungen bei veränderlicher Arbeitsgeschwindigkeit. Pflugkörperform II

			b = const. = 6 dm		t = const. = 2 dm			N_e = const. = 10 PS	t = 2 dm		
	v	w	L	Z	N_e	C	K	b	L	C	K
m/h	m/s	kg/dm²	ha/h	kg	PS	kg/ha	ℛℳ/ha	dm	ha/h	kg/ha	ℛℳ/ha
3	0,835	40	0,135	480	5,35	19,85	6,95	11,2	0,25	20	7,0
4	1,11	40,5	0,18	486	7,2	20	7	8,35	0,25	20	7,0
5	1,39	41	0,225	492	9,1	20,2	7,10	6,55	0,245	20,4	7,15
6	1,67	44	0,27	528	11,8	21,8	7,65	5,1	0,23	21,7	7,60
7	1,95	48,5	0,315	582	15,2	24,1	8,45	3,96	0,21	23,8	8,35
8	2,22	55	0,36	660	19,5	27,1	9,45	3,07	0,184	27,2	9,5
9	2,5	63	0,41	755	25,2	30,8	10,75	2,38	0,161	31,0	10,85
10	2,78	71	0,455	852	31,6	34,7	12,15	1,9	0,143	35,0	12,25

Zahlentafel 2

$N_e = 10$ PS; $m = 200 \text{ kg} \frac{s^2}{m}$.

v km/h	v m/s	Z kg	$P = \frac{m v^2}{2 s}$ $s = 0{,}05$ m	$s = 0{,}1$ m	$s = 0{,}15$ m	$s = 0{,}2$ m
3	0,835	900	1 400	700	467	350
4	1,11	675	2 460	1230	820	615
5	1,39	540	3 880	1940	1290	970
6	1,67	450	5 600	2800	1870	1400
7	1,95	385	7 600	3800	2540	1900
8	2,22	338	9 900	4950	3310	2475
9	2,50	300	12 500	6250	4170	3125
10	2,78	270	15 500	7750	5170	3875

nehmenden Flächenleistung steigen. Abb. 2 zeigt bis etwa 5 km/h Geschwindigkeit nahezu konstante Werte w, die dann aber stark ansteigen. Ebenso wachsen von dieser Geschwindigkeit an die Brennstoffkosten auf 1 ha. Diese betragen bei 3 km/h 7 ℛℳ/ha, bei 5 km/h 7,15 ℛℳ/ha und steigen bis zu 12,25 ℛℳ/ha bei 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit. Da außerdem die Flächenleistung von 0,245 ha/h bei 5 km/h auf 0,143 ha/h bei 10 km/h Geschwindigkeit abnimmt, erscheint es vom Gesichtspunkt des Pflugwirkungsgrades aus jedenfalls nicht zweckmäßig, die Geschwindigkeit von 5 km/h erheblich zu überschreiten.

Es ist wohl richtig, daß ein Schlepper gleicher Zughakenleistung bei größerer Geschwindigkeit leichter und vielleicht auch in der Anschaffung billiger sein kann als bei Verwirklichung derselben Leistung mit geringerer Arbeitsgeschwindigkeit. Außerdem können die Greifer des schneller fahrenden Schleppers wegen der geringeren Zugkraft niedriger sein und kann hierdurch der Greiferwirkungsgrad verbessert werden. Aber selbst durch eine Steigerung des Schlepperwirkungsgrades um 10 vH kann der Abfall der Flächenleistung und der höhere Brennstoffverbrauch bei den Geschwindigkeiten über 6 km/h sicherlich nicht ausgeglichen werden.

Es könnte auch eingewendet werden, daß die höheren Brennstoffkosten bei den größeren Arbeitsgeschwindigkeiten sich durch niedrigere Abschreibungsbeträge für den schneller fahrenden leichteren Schlepper ausgleichen lassen und daß dieser auch hinsichtlich der Bodenpressung günstiger ist als die langsam fahrende Maschine. Dem stehen aber die sehr großen dynamischen Beanspruchungen bei den größeren Fahrgeschwindigkeiten gegenüber. Wenn der Pflug auf feste Hindernisse im Boden auftrifft, wird die Wucht der bewegten Massen von Schlepper und Pflug in Formänderungsarbeit umgesetzt, und die Gleichung

$$P s = \frac{m}{2} v^2 \quad \text{. . . . . (10),}$$

nach P aufgelöst:

$$P = \frac{m v^2}{2 s} \quad \text{. . . . . (11),}$$

gibt uns einen Anhaltspunkt für die Beurteilung der auftretenden Stoßkräfte. Hierbei ist P die beim Stoß erzeugte mittlere Kraft, s der Weg, auf dem die Wucht in Arbeit umgesetzt wird. In der Zahlentafel 2 sind die Werte P für verschiedene Bremswege in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zusammengestellt und in Abb. 3 als Kurve aufgetragen. Es ist hier wieder der Schlepper mit gleichbleibender Zughakenleistung von 10 PS zugrundegelegt und die Masse von Schlepper und Pflug zu $m = 200 \text{ kg} \frac{s^2}{m}$ angenommen. Auch bei Einschaltung federnder Zwischenglieder zwischen Pflug und Schlepper betragen diese Stoßkräfte, s. Abb. 3, ein Mehrfaches der statischen Schlepperzugkraft. Sie zwingen daher zu außerordentlich kräftigen Konstruktionen, die durch die größere Masse die Stoßkräfte erhöhen und den Vorteil des dank höherer Geschwindigkeit erzielten geringeren Gewichts wieder aufwiegen. Hohe Fahrgeschwindigkeit auf dem holprigen Acker ist auch für die Haltbarkeit der Zugmaschine sehr bedenklich.

Abb. 3. Stoßbeanspruchung beim Auftreffen auf Hindernisse.

Abb. 2
Betriebskosten ℛℳ/ha bei veränderlicher Geschwindigkeit

Pflugkörperform *II*, N_e = const = 10 PS, t = const = 2 dm
L = Pflugleistung ha/Tag (1 Tag = 10 Arbeitsstunden)

Die dynamischen Überlegungen rechtfertigen also ebensowenig wie die Untersuchungen über die Leistungen und Kosten eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit als 5 km/h. Die Güte der Bodenbearbeitung selbst genügt bei diesen Geschwindigkeiten bei richtiger Wahl der Pflugkörperform auch für hohe Ansprüche, und eine feinere Krümelung, deren Wert für die Ertragsteigerung durchaus noch nicht feststeht, läßt sich stets nur durch einen größeren Energieaufwand, d. h. größere Zugkräfte erzielen, da die Zertrümmerung der Bodenteile niemals ohne Kraftaufwand möglich ist. [M 2058]

Tankanlagen für Kraftfahrzeuge

Berichtigung

Zu dem Aufsatz von Oberreg.-Rat Walther in Z. Nr. 44 vom 3. November S. 1595 ist zu berichtigen, daß die in Abb. 1 dargestellte Schutzgassicherung nicht von der Firma Salzkotten, sondern von der Firma Martini & Hüneke, Maschinenbau-Aktiengesellschaft, erbaut wird. Diese Ausführung wird im übrigen nur für kleine Anlagen verwendet.

Die Fabrik explosionssicherer Gefäße Salzkotten, G. m. b. H., legt ferner Wert auf die Feststellung, daß bei dem Zwillingsmeßgefäß nach Abb. 10, wie auch aus der Zeichnung hervorgeht, von den beiden starr durch eine Stange verbundenen Scheiben nur die untere wie ein Ventilteller auf ihren Sitz gepreßt wird. Die obere Scheibe wird hierdurch verhindert, sich auf die in der Zeichnung erkennbare Einschnürung ihres Führungsrohres aufzusetzen, so daß die geringen, durch die untere Scheibe nachströmenden Mengen zwanglos an der oberen Scheibe vorbei in den Überlauf fließen können.

Wie uns die Firma Martini & Hüneke weiter mitteilt, werden außer den in dem Aufsatz behandelten Lagerungen, die mit Schutzgas aus Stahlflaschen versorgt werden, häufig auch Lagerungen mit eigener Schutzgaserzeugung eingerichtet. Eine solche Lagerung besteht aus zweizylindrigen Maschinen, bei denen der eine Zylinder als Verbrennungsmotor, der andre als Kompressor arbeitet und die sauerstoffarmen Auspuffgase des Verbrennungszylinders nach einer Reinigung und Kühlung verdichtet. Solche Anlagen mit eigener Gaserzeugung sind in vielen Fällen vorteilhafter als ausgedehnte Lagerungen mit elektrisch betriebenen Pumpen, weil diese eine verwickelte Sicherheitsschaltung verlangen. Gegenüber der Belieferung mit Schutzgas aus Stahlflaschen ist eine Anlage mit eigner Schutzgaserzeugung billiger, außerdem bietet sie den Vorteil, daß sie von Schwierigkeiten bei der Flaschenbeförderung unabhängig ist. [N 2309]

RUNDSCHAU

Maschinenteile

Getriebelehre

Tagung am 24. und 25. September 1928 in Dresden

Bereits im Oktober 1926 ist auf Veranlassung des Wissenschaftlichen Beirats des Vereines deutscher Ingenieure in Dresden eine geschlossene Tagung für Getriebelehre abgehalten worden mit dem Zwecke, den Vertretern dieses Gebietes aus Wissenschaft und Industrie Gelegenheit zu einer Aussprache über die Fortentwicklung der Getriebelehre, ihre Behandlung an den Hochschulen und ihre Nutzbarmachung für die Praxis zu geben. Die bemerkenswerten Ergebnisse dieser Zusammenkunft haben den Wissenschaftlichen Beirat veranlaßt, gelegentlich der Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule in Dresden im September dieses Jahres eine zweite derartige Tagung zu veranstalten, bei der im wesentlichen die

Getriebesynthese

behandelt wurde. An der Tagung beteiligten sich etwa 40 Herren, und es wurden 17 Vorträge gehalten.

Nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung führte der erste Vortragende, Prof. Dr. Alt, Dresden, unter Hinweis auf die grundlegenden Arbeiten von Reuleaux, Burmester und Grübler aus, daß bis in die neueste Zeit die Getriebelehre im wesentlichen nur vom Standpunkt der Getriebeanalyse, d. h. der bei vorhandenen Getrieben auftretenden Bewegungen und ihrer Eigenschaften behandelt wurde. Von umfassender Bedeutung aber für alle Gebiete des Maschinenbaues ist die Getriebesynthese, die sich mit der Aufgabe befaßt, bei einer vorliegenden Getriebeart die Abmessungen der einzelnen Glieder zahlenmäßig derart zu ermitteln, daß bestimmte vorgeschriebene Bedingungen erfüllt werden. In neuerer Zeit ist die Getriebesynthese, die sich vorwiegend zeichnerischer Verfahren bedient, nun derart ausgebildet worden, daß sie in allen praktischen Fällen genaue Lösungen liefert. Das bisher geübte Verfahren, die Abmessungen der Glieder durch Probieren zu finden, wobei sich die vorgeschriebenen Bedingungen nur selten genau und vielfach überhaupt nicht erfüllen lassen, vermag den Forderungen der Praxis heute nicht mehr zu genügen. Um die Verwendbarkeit sämtlicher Getriebearten für eine vorliegende Aufgabe planmäßig zu prüfen und letzten Endes das ausgewählte Getriebe richtig in seinen einzelnen Gliedern bemessen zu können, muß der Konstrukteur die Verfahren der Getriebesynthese nicht nur kennen, sondern auch beherrschen und anzuwenden verstehen. An einigen Beispielen wurde gezeigt, wie man die Ergebnisse der wissenschaftlichen Getriebelehre auf Aufgaben der Praxis anwendet.

Als zweiter Vortragender sprach Geheimrat Prof. Dr. Grübler, von der Versammlung lebhaft begrüßt, über die

Entwicklungsgeschichte der Getriebelehre,

wobei er zeigte, daß sich die Getriebelehre einerseits aus der geometrischen Bewegungslehre und anderseits der Zwanglaufmechanik entwickelt hat. Anfänglich versuchte man die Zwangläufigkeit kinematischer Ketten durch Versuche oder auf geometrischem Wege festzustellen. Die hierfür von Burmester, Ritterhaus u. a. angegebenen Wege sind aber weder allgemein noch zuverlässig. Bereits 1883 hat der Vortragende im Gegensatz hierzu den Nachweis geführt, daß die Zwangläufigkeit einer kinematischen Kette durch eine einfache, ganzzahlige Beziehung zwischen der Anzahl n der Kettenglieder und der Zahl p der sie verbindenden Elementenpaare beruht. Für Umschlußpaarketten lautet diese: $2p - 3n + 4 = 0$. Ähnliche Beziehungen bestehen auch als Zwangläufigkeitsmerkmale für räumliche Ketten wie z. B. für die allgemeine Schraubenkette, bei der $5s - 6n + 7 = 0$ sein muß, wenn s die Anzahl der Schraubenpaare bedeutet. Aus dieser Gleichung geht hervor, daß der kleinste Wert, den n annehmen kann, $n = 7$ ist, womit auch $s = 7$ folgt. Wichtig ist dabei, daß der Zwanglauf von den Abmessungen der Kettenglieder unabhängig und nur durch die Zahl der Glieder und ihrer beweglichen Verbindungen bedingt ist.

Hierauf sprach Prof. Dr. H. Doerfel, Brünn, über die

Bekämpfung der Unstetigkeitsfolgen bei Rollkurven, Wälzkurven und Schaltwerken.

Zunächst wurden die verschiedenen Ursachen der Arten der Unstetigkeit erörtert. Sie können durch unstetigen Antrieb hervorgerufen werden oder im Bau des Getriebes bedingt sein. In manchen Fällen sind sie unvermeidlich. Ihre wissenschaftliche Erforschung erscheint notwendig, um den Konstrukteur in die Lage zu versetzen, beurteilen zu können, ob und mit welchen Mitteln sie zu beheben sind und ob dies erforderlich ist. An verschiedenen Beispielen wie Anlaßsteuerung einer Gegendruckmaschine, einer nach Korbbogen gekrümmten Steuernut, beim Zahneingriff und an Schaltwerken wurden im Lichtbild Art, Folgen und Behebungsmittel der auftretenden Unstetigkeiten auseinandergesetzt. Die Berücksichtigung dieser Erscheinungen ist sehr wichtig, da bei Getriebemaschinen infolge der Unstetigkeiten oft eine Leistungsteigerung unmöglich wird.

Der nächste Vortrag von Herrn Dipl.-Ing. F. Maul, Stuttgart, behandelte

die Getriebepraxis bei Verpackungsmaschinen[1]).

Die folgenden Ausführungen von Ingenieur Berger, Dresden, über ein

stufenloses, regulierbares, mechanisches Schaltgetriebe,

das bei Werkzeugmaschinen und auch bei Kraftfahrzeugen Anwendung finden soll, waren trotz der vorgeführten Lichtbilder nicht ganz verständlich. Nach Abschluß der schwebenden Versuche soll ein eingehender Bericht über dieses Getriebe, dessen besondere Vorzüge in gutem Gleichförmigkeits- und Wirkungsgrad sowie sehr geringem Raumbedarf liegen sollen, veröffentlicht werden.

In dem Vortrag von Prof. G. Marx, München, wurden die

Verfahren zur unmittelbaren Bestimmung kinematischer Größenverhältnisse

behandelt. Der Vortragende setzt die anzuwendende Getriebeart und die äußeren Umstände, unter denen das Getriebe arbeiten soll, als gegeben voraus. Die Lösung der Aufgabe, durch das Getriebe bestimmte Forderungen zu erfüllen, ist in besonderen Fällen möglich mit Hilfe der bekannten Verfahren der Getriebelehre, der Bewegungs- und Kraftlehre. Eine allgemeine Lösung auf analytischem Wege ist wegen der mathematischen Schwierigkeiten praktisch meist undurchführbar. Durch zweckmäßige Verbindung von graphischer und rechnerischer Behandlung unter Benutzung von Nomogrammen lassen sich bei den häufig vorkommenden Getrieben die besten Verhältnisse festlegen. Diese für die ebenen Getriebe entwickelten Aufbauregeln sollen auch zur Anwendung auf räumliche Getriebe weiter ausgebaut werden.

Das Bestreben, auch die Raumgetriebe mehr als bisher der Nutzbarmachung zuzuführen, war der Leitgedanke eines weiteren Vortrages von Prof. Dr.-Ing. Alt, Dresden, über

die praktische Bedeutung der Raumgetriebe[2]).

In dem anschließenden Vortrag von Prof. Dr. K. Federhofer, Graz, über die

graphische Kinematik des räumlichen Systems

kam ebenfalls zum Ausdruck, daß den räumlichen Mechanismen in Zukunft in der maschinentechnischen Praxis eine erhöhte Bedeutung beizumessen ist. Die bei der Untersuchung räumlicher Getriebe fast ausschließlich gebräuchlichen analytischen Mittel führen nur in den seltensten Fällen zum Ziele. Diejenigen graphischen Verfahren, die bei ebenen Getrieben ausreichen, sind auf dreidimensionale Gebilde nicht unmittelbar anwendbar. Erst durch ein neues von Mayor und v. Mises entwickeltes Abbildungsverfahren wird eine erfolgreiche Anwendung graphischer Untersuchungsmethoden durchführbar. Der Vortragende verwies auf seine kürzlich erschienene Schrift[3]), worin der Versuch gemacht wird, das genannte Verfahren zur Abbildung von Vektoren des Raumes auf eine Ebene für die Untersuchung der Raumgetriebe nutzbar zu machen. Nach Erläuterung dieses Abbildungsprinzips zeigte der Vortragende an einigen Beispielen, und zwar an der räumlichen Zweipunktführung einer Pleuelstange, bei einem in drei Punkten geführten starren Körper und schließlich bei einer Taumelscheibe das Ermitteln der auftretenden Geschwindigkeiten und Beschleunigungen. Das Fehlen einer derartigen befriedigenden Darstellungsmöglichkeit der räumlichen Beziehungen dürfte ein wesentlicher Grund für die bisherige geringe Auswertung von Raumgetrieben sein.

Als nächster Redner sprach Dipl.-Ing. P. Bock, Dresden, über

Sternradgetriebe[4]).

In den nun folgenden Ausführungen von Dr.-Ing. H. Wanckel, Leipzig, über die

synthetische Behandlung von Gelenkvierecken mittels einer Rechentafel

wird eine von dem Vortragenden konstruierte Rechentafel erklärt, die es ermöglicht, die Länge der vier Glieder eines

[1]) Der Vortrag erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.
[2]) Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht.
[3]) Graphische Kinematik und Kinetostatik des räumlichen Systems; Berlin und Wien 1928.
[4]) Der Vortrag erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

Gelenkvierecks unmittelbar zu bestimmen, wenn für das Viereck die Größe der beiden Totlagenwinkel von Kurbel und Schwinge sowie die Länge eines Gliedes gegeben sind. Die Tafel ist auch anwendbar, wenn noch ein zweites Glied gegeben ist.

Der dann von dem Berichterstatter, Obering. K. Hoekken, Berlin, gehaltene Vortrag über

die mechanischen Rechengetriebe

veranschaulichte an der Hand von Lichtbildern und Modellen die Anordnungen von Getrieben, die zur Ausführung mathematischer Operationen dienen. Es wurden zwei Gruppen derartiger Hilfsmittel unterschieden:

1. Hilfsmittel zur Ausführung von Zahlenrechnungen, die eine beliebige Anzahl genauer Ziffern des Ergebnisses eines arithmetischen Rechenvorganges zu finden gestatten,
2. stetige Rechenapparate zur Berechnung von Funktionen und Auflösung von Gleichungen.

Bei der ersteren Art kehren als wesentliche Teile wieder: Einstell-, Schalt-, Zähl- und Druckwerke, die bei den althergebrachten Konstruktionen durchweg nur kraftschlüssig arbeiten und dadurch zu Fehlern und Störungen Anlaß geben können. An mehreren Beispielen wurde dann gezeigt, wie sich trotz der Willkür in der Einstellung die erforderlichen Vorrichtungen auch durch formschlüssige Konstruktionen mittels Differentialbewegungen durchführen lassen, was überdies noch weitere Vereinfachungen zur Folge hat. Ferner wurde Aufbau und Wirkungsweise einiger Multipliziermaschinen erklärt und eine Anordnung zur unmittelbaren Vervielfältigung mehrstelliger Zahlen in einem einzigen Bewegungsvorgang angegeben.

Bei der Besprechung der zweiten Art mechanischer Rechengetriebe zur Ausführung höherer mathematischer Operationen wurde aus dem Kardanproblem und von der gleichschenkligen Schubkurbel ein Mittel abgeleitet, mittels dessen sich für einen vom 0° bis 360° veränderlichen Winkel aperiodisch die Funktionen Sinus und Cosinus erzeugen lassen, und gezeigt, wie man damit z. B. die astronomische Beziehung $\cos h : \cos d = \sin t : \sin a$ zur Bestimmung des Azimuts durch ein Getriebe auflösen kann. Als weiteres Beispiel wurde ausgeführt, wie die in a enthaltene Beziehung zweiten Grades: $\sin\alpha + \operatorname{tg}\varepsilon \cdot \cos\alpha = b$ sich mittels eines Getriebes lösen läßt. Ähnliche Aufgaben treten bei der Konstruktion von Beobachtungs- und Meßinstrumenten auf, die z. B. zur Lösung flugtechnischer und militärischer Aufgaben in der Photogrammetrie und beim Schießen erforderlich sind.

Anschließend führte der Vortragende noch ein von ihm mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft ausgeführtes Modell eines Ellipsographen vor, der gestattet, Ellipsen in einem Zuge auch mit Tusche zu zeichnen, ferner beliebige innere und äußere Äquidistanten zu diesen sowie die Teilung des Ellipsenumfanges nach dem parallaktischen Winkel. Die tangentiale Führung der Ziehfeder wird dabei in eigenartiger Weise durch mechanische Verkörperung des augenblicklichen Geschwindigkeitsplanes bewirkt.

Am zweiten Tage eröffnete Prof. Dr.-Ing. H. Alt, Dresden, die Tagung mit einem Vortrag über einige

Aufgaben aus dem Getriebemaschinenbau.

Der Vortragende führte aus, daß sich in vielen Fällen die im Getriebemaschinenbau noch vorwiegend benutzten Kurventriebe zweckmäßig durch Gelenkmechanismen ersetzen lassen, zumal es damit möglich wird, die Leistung zu steigern. Die durch den Zweck der zu bauenden Maschine für die einzelnen Bewegungen praktisch vorgeschriebenen Bewegungsdiagramme lassen sich in vielen Fällen durch Gelenkvierecke und andre Gelenkmechanismen an Stelle von Getrieben mit umlaufenden Kurvenscheiben ersetzen. Ein Vorteil liegt darin, daß die erforderliche Bewegung von einem bereits vorhandenen, an anderer Stelle notwendig sich bewegenden Teil abgeleitet werden kann. Diese Möglichkeit wurde an einem Scherenantrieb näher erläutert, wobei sich die Feinstellung der Bewegung denkbar einfach gestaltet. Auch lassen sich mehrere verschiedenartige Bewegungen bei Anwendung von Gelenkmechanismen durch ein und denselben Antrieb durchführen und dabei einfachere, billigere und im Betriebe bessere Bauarten erzielen. Hin und wieder können die Wirkungen der Kurventriebe auch vorteilhafter durch Schwingkurvengetriebe hervorgerufen werden.

Sodann sprach Dipl.-Ing. A. Flocke, Dresden, über

Schwingdaumengetriebe.

Die bisher fast ausschließlich im Kraftmaschinenbau bei der Steuerung benutzten Schwingkurvengetriebe sind trotz ihrer unverkennbaren Vorzüge im Getriebemaschinenbau so gut wie gar nicht zur Verwendung gekommen. Als Grundmechanismus dient meistens ein Gelenkviereck, mit dessen Schwinge eine Kurvenscheibe starr verbunden ist. Die a[n] deren Umfang aufliegende Rolle wird entweder geradlin[ig] oder im Kreisbogen geführt. Die erzielte Rollenbewegun[g] ist einerseits von der Kurvengestalt, anderseits von de[m] Bewegungsgesetz der Schwinge bestimmt. Die Vorteile d[er] Anordnung liegen darin, daß im Gegensatz zur umlaufende[n] Kurvenscheibe, bei der die Bewegungsabschnitte für Ruh[e,] Heben und Senken ein für allemal festliegen, die schwi[n]gende Kurvenscheibe in mannigfaltiger Weise nicht nu[r] justierbar, sondern innerhalb gewisser Grenzen auch z[u] verschiedenen erforderlichen Bewegungen umstellbar ei[n]gerichtet werden kann, indem man die Gliedlängen des Ge[]lenkvierecks sowie die Lage der Kurvenscheibe zu[r] Schwinge veränderlich macht.

Die folgenden Ausführungen von Obering. Liske[,] Dresden, befaßten sich mit einem

Vergleich zweier Vorschubgetriebe.

Die bisher bei Stanz- und Druckautomaten für die Schalt[]bewegung des zugeführten Papiers angewendeten Malteser[]kreuzgetriebe werden im Betrieb zu sehr abgenutzt, wa[s] die erforderliche Genauigkeit der Vorschubbewegung un[]zulässig beeinträchtigt. Um diesen Mangel zu be[]heben, erläuterte Liske ein neues Schaltgetriebe, das au[s] Zahnrädern und einer umlaufenden Kurvenscheibe aufge[]baut ist. Dieses Getriebe zeichnet sich gegenüber den Maltesergetriebe durch ruhigen Lauf und unwesentlich[e] Abnutzung auch bei langer Betriebsdauer aus.

Sodann sprach Dr.-Ing. A. Budnick, Dresden über

stufenlose selbsttätige Umformer[5]).

Hieran schloß sich ein bemerkenswerter Vortrag von Prof. Dr.-Ing. J. Breinl, Prag, über

Automatik und Wirtschaft

und Forderungen der Wirtschaft nach wissenschaftlicher Behandlung der Getriebelehre. Der Vortragende führte aus, welches die Ursachen der Überlegenheit Amerikas auf fast allen Gebieten des Maschinenbaues gegenüber den europäischen Industriestaaten sind. Es ist wirtschaftlich notwendig, das Eindringen amerikanischer Erzeugnisse zu bekämpfen, und wir dürfen keine der hierzu geeigneten Maßnahmen außer acht lassen. Eines der wichtigsten Hilfsmittel ist die planmäßige Weiterentwicklung der selbsttätigen Massenerzeugung durch selbsttätig arbeitende Maschinen, wodurch der Lohnanteil an der Gütererzeugung auf ein Mindestmaß herabgedrückt wird. Auf diesem Gebiete haben zwar die Amerikaner uns gegenüber einen Vorsprung; sie haben aber die bei ihren selbsttätigen Maschinen angewendeten Getriebe nur auf empirischem Wege ermittelt, was sich in neuerer Zeit immer mehr als unzureichend erweist. Den Wettbewerb mit der amerikanischen Maschinenindustrie erfolgreich aufzunehmen, erscheint daher nur möglich, wenn wir diese empirischen Verfahren verlassen und die Getriebe nach wissenschaftlichen Grundsätzen konstruieren und dadurch leistungsfähigere und billigere Maschinen herzustellen vermögen. Dies bedingt aber, daß die Technischen Hochschulen der immer dringender werdenden Forderung der Wirtschaft Rechnung tragen und die Getriebelehre als Lehr- und Forschungsgebiet betreiben.

Den letzten Vortrag der Tagung hielt Prof. Dr.-Ing. Alt über die

Getriebelehre im konstruktiven Unterricht.

Eine wesentliche Aufgabe der Getriebetagung ist, die gleichmäßige Weiterentwicklung der Getriebelehre zu sichern. Dies kann nur dadurch erreicht werden, daß die Technischen Hochschulen die Getriebelehre so eingehend als Lehr- und Forschungsgebiet pflegen, wie es deren wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung entspricht. Wegen der Überfüllung des Lehrplanes der Technischen Hochschulen mit Lehrfächern ist aber vor jeder Aufnahme eines weiteren Lehrgebietes auf das sorgfältigste die Frage zu untersuchen, ob eine Pflege dieses Lehrstoffes tatsächlich zu den notwendigen Aufgaben der Hochschule gehört. Es wurden dann die Gründe erörtert, die für oder gegen die Aufnahme der Getriebelehre in den Lehrplan sprechen. Auch die Industrie fordert mit immer größerem Nachdruck von den Technischen Hochschulen, sich mit der Getriebelehre so zu befassen, wie es den Bedürfnissen der Wirtschaft entspricht[6]). Mit besonderem Nachdruck wies der Vortragende noch darauf hin, daß die Getriebelehre nicht als reiner Lehrstoff dargeboten werden kann, sondern daß sie eine eingehende Ausbildung in bestimmten Denkformen und Vorstellungen erfordert und dementsprechend der Lehrplan auszugestalten ist.

In den Aussprachen kam zum Ausdruck, daß sich auf der Getriebetagung ein starker Zusammenhang zwischen theoretischer Lehre und Forschung und deren Anwendung

[5]) Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift erscheinen.
[6] s. a. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 13 S. 429.

in der Praxis ergeben hat, der aufrecht erhalten und weiter ausgebaut werden muß, da die Industrie und Wirtschaft die wissenschaftlichen Forschungsergebnisse zu ihrer gedeihlichen Weiterentwicklung und im Konkurrenzkampf besonders mit dem Auslande restlos ausnützen muß. Bei der Getriebelehre handelt es sich nicht um ein begrenztes Sondergebiet, sondern um ein grundlegendes technisches Gebiet; sie ist deshalb mit den übrigen grundlegenden Lehrfächern der Technischen Hochschulen gleichzustellen. Auch ist die Getriebelehre ein Gebiet, das wie kein zweites geeignet ist, den Ingenieur in den Stand zu setzen, den Zusammenhang gleichartiger Einrichtungen der verschiedenartigsten Verwendungsgebiete zu erkennen, den Überblick über das Gesamtgebiet der Technik nicht zu verlieren und so ihn zu neuen zweckmäßigen Konstruktionen anzuregen. Um aber diese Fähigkeit zu erlangen, muß den Studierenden an den Technischen Hochschulen mehr Gelegenheit geboten werden, sich die Vorstellungen und Denkformen der Getriebelehre aneignen zu können. [N 2201]

Berlin K. Hoecken

Hebezeuge

Umbau eines Dampfschwimmkranes in einen neuzeitlichen Wippkran

Es war die Aufgabe gestellt, zwei Dampfschwimmkrane mit verstellbarem Ausleger, die 8 t Tragfähigkeit bei 17 m Ausladung und 18 m Rollenhöhe über den Fahrschienen aufwiesen, in Wippkrane umzubauen. Die größte Ausladung sollte 17,15 m, die kleinste 9,8 m betragen und die Rollenhöhe bei größter Ausladung auf 21,7 m erhöht werden. Mit Rücksicht darauf, daß an dem vorhandenen Kran möglichst wenig geändert werden sollte, wurde eine Anordnung mit Kurvenbahn am Ausleger gewählt, die sich nur verhältnismäßig wenig von einem gewöhnlichen Drehkran unterscheidet, Abb. 1. Einen Kran, der den beiden umzubauenden ungefähr entspricht, stellt Abb. 2 dar.

Abb. 1
Aufbau des umgebauten Schwimmkranes.

a Seilumlenkrollen
b fester Drehpunkt
c Kurvenstück zur Führung des Rollenwagens
d Triebstocksegment
e Getriebe des Einziehwerkes

Abb. 2
Kleinschwimmkran von 8 t Tragfähigkeit, mit verstellbarem Ausleger.

Um einen genau wagerechten Lastweg beim Wippen zu erzielen, hat man bei dieser Anordnung die Lastseile über Rollen *a*, Abb. 3, geleitet, die auf einer Achse sitzen. Diese kann um einen festen Drehpunkt *b* am Krangerüst schwingen und bewegt sich beim Wippen des Auslegers über ein fest mit dem Ausleger verbundenes Kurvenstück *c*. Die Kurve ist so gestaltet, daß sich die Seillänge vom Greifer bis zu den Schnabelrollen im genau gleichen Verhältnis verlängert oder verkürzt, wie sich die Auslegerspitze hebt oder senkt, so daß sich also der Greifer beim Wippen wagerecht bewegt. Mit der Rollenachse gleitet auch das Gegengewicht für den Ausleger auf der Kurvenbahn und paßt dadurch sein Drehmoment, bezogen auf den Auslegerdrehpunkt, dem Drehmoment des Auslegers an.

Es wäre möglich gewesen, den Auslegerdrehpunkt beizubehalten, wenn nicht eine bestimmte Rollenhöhe und Ausladung verlangt worden wäre. Da jedoch die Rollenhöhe erhöht werden mußte und außerdem ein Teil der Ausladung durch steilere Stellung des Auslegers verloren ging, war es erforderlich, die Stützkonstruktion für den Ausleger um 1500 mm zu erhöhen und den Auslegerdrehpunkt etwas vorzuziehen. An den Ausleger selbst wurde das Kurvenstück *c* zur Führung der Achse mit den Seilumlenkrollen *a* angesetzt, während der die Achse haltende Lenker am hinteren Ende der erhöhten Stützkonstruktion bei *b* gelenkig befestigt wurde.

Die Wippbewegung wird auf den Ausleger mittels Triebstocksegmente *d* übertragen, die gleichfalls am Ausleger befestigt sind. Das ganze Getriebe des Einziehwerkes *e* ist auf dem oberen wagerechten Tragverband des Gerüstes aufgestellt. Die bereits vorhandene senkrechte Welle des Einziehwerkes ist der Erhöhung des Gerüstes entsprechend verlängert worden und treibt über ein Kegelrad- und zwei Stirnradvorgelege die beiden Ritzel an, die in die Triebstocksegmente eingreifen.

Auf der ersten Vorgelegewelle ist eine Lamellenbremse angebracht, die verhütet, daß der Ausleger beim Wippen

voreilt und eine Geschwindigkeit annimmt, die größer ist als die durch die Drehzahl der Antriebmaschine bedingt wird. Außerdem sind auf dieser Welle noch drei Bremsen angebracht. Eine davon dient zum Festhalten des Auslegers in jeder beliebigen Stellung. Sie wird durch einen Fußhebel im Führerhaus bedient. Die beiden andern dienen zum Abbremsen der Auslegerbewegung in den Endstellungen und werden durch Anschläge am Triebstocksegment betätigt. Außer diesen Sicherungen für die Endstellungen sind noch zwei Anschläge vorgesehen, die den Ausleger in den Endstellungen festhalten, falls die Bremsen versagen sollten.

Wie aus den Abbildungen hervorgeht, ist am Maschinenhaus überhaupt nichts geändert worden. Im Führerhaus ist nur der erwähnte Fußhebel für die Haltebremse sowie ein Teufenzeiger angebracht worden, der durch ein Seil mit dem Ausleger verbunden ist, so daß der Kranführer die jeweilige Ausladung ablesen kann. Der Ausleger ist bis auf die Anbringung der Kurvenbahn und der Triebstocksegmente unverändert geblieben. Vollständig neu ist lediglich der Aufbau auf dem Krangerüst mit dem Einziehwerk und der Schwinge mit den Seilumlenkrollen.

Der Umbau wurde von der Demag, Aktiengesellschaft, Duisburg, ausgeführt. [M 1606]

Abb. 3
Ein Schwimmkran, ungefähr dem in Abb. 2 entsprechend, nach dem Umbau in einen Schwimmwippkran.

Werkstoffe

Die Dauerfestigkeit von Leichtmetallen

Die häufige Verwendung von Leichtmetallen für wichtige Bauteile von Verkehrsmitteln machte es erforderlich, auch diese Werkstoffe auf ihren Widerstand gegen stoß- und schwingungsförmige Dauerbeanspruchung zu prüfen. Man bedient sich dabei der Dauerbiege-Prüfmaschinen und der Dauerschlagwerke. Bei den Dauerschlagwerken erhält ein Probestab durch kleine Hämmer (2, 4 oder 6 kg aus 1 cm Fallhöhe) einzelne Schläge bis zum Bruch; bei den Dauerprüfmaschinen wird der mittels Elektromotors rasch um seine Längsachse gedrehte Stab, Abb. 4, gleichförmiger Biegung unterworfen, d. h. jede äußere Faser wird abwechselnd auf Zug und Druck (Sinusschwingung) beansprucht.

Bei der Prüfung von Stählen hat es sich als richtig erwiesen, daß der Stab dann unendlich viele Schläge oder Lastwechsel einer Laststufe ohne Bruch aushält, wenn er 10^7 Schläge bruchlos überstanden hat. Außerdem ist für Stahl beim Dauerschwingungsversuch die höchste dauernd ertragbare Laststufe im Abkürzungsverfahren zu erkennen bei der Aufnahme dreier kennzeichnender Kurven für jeden Probestab, nämlich: 1. die Leistungsaufnahme, 2. die Durchbiegung, 3. die Temperatursteigerung, alle drei in Abhängigkeit von der Höchstspannung in der äußersten Faser des

Zahlentafel 1
Untersuchte Werkstoffe

Bezeichnung	Benennung des Werkstoffes	Bemerkungen
13	Duralumin 681 B	ausgeglüht
14	Duralumin 681 B	veredelt
15	Duralumin 681 B	Härte 1
16	Duralumin 681 B 1/3 . . .	ausgeglüht
17	Duralumin 681 B 1/3 . . .	veredelt
18	Duralumin 681 B 1/3 . . .	Härte 1
19	Duralumin 681 A	ausgeglüht
20	Duralumin 681 A	veredelt
21	Duralumin 681 A	Härte 1
22	Elektron V_1	—
23	Elektron V_1 W	—
24	Elektron A 5	—
25	Elektron Z 1	—
29	Elektron-Pleuelstangen . . .	geschmiedet
26	Skleron	unvergütet
27	Silumin	gegossen mit $d = 13$ mm
28	Silumin	gegossen mit $d = 16$ mm
30	Lautal	ausgeglüht
31	Lautal	veredelt
32	Lautal	Härte 1

Rundstabes[1]). Zu 1: Gemessen wird die Leistung in Watt, die der Antriebmotor unter sonst gleichen Bedingungen mehr braucht beim Drehen des Prüfstabes im Gegensatz zum ganz rein elastisch beanspruchten Stab, der keine Arbeit aufzunehmen vermag. Zu 2: Mit Meßuhren wird die Senkung der beiden beweglichen Lager a und b, Abb. 4, gemessen. Zu 3: Die Spannung eines an den Stab angeklemmten Thermoelements wird gemessen. Die Höchstspannung der äußersten Faser des Rundstabes ergibt sich rechnerisch aus den Abmessungen der Anordnung und dem Belastungsgewicht.

Bei den gleichen Versuchen mit Duralumin ergab sich nun, daß Brüche auch noch nach 10^8 Lastwechseln eintraten, daß also 10^7 Umdrehungen noch keine zuverlässigen Werte für die Dauerfestigkeit gewährleisten, außerdem zeigte die Kurve der Leistungsaufnahme unerklärliche Unregelmäßigkeiten.

Dr.-Ing. R. Wagner hat eingehende Untersuchungen zur Klärung dieses Verhaltens in den Jahren 1926 und 1927 durchgeführt. Über sie soll hier kurz berichtet werden[2]).

Zur Verfügung standen die Werkstoffe nach Zahlentafel 1. Zunächst wurden die statischen Festigkeitseigenschaften der Stoffe untersucht und dabei besonders sorgfältig der Wert der Elastizitätsgrenze (bleibende Dehnung 0,001 vH) festgestellt. Die Höchstspannung (Zugfestigkeit), die Reißfestigkeit (Bruchlast: Bruchquerschnitt), die Bruchdehnung und die Einschnürung wurden bestimmt, weil sie kennzeichnend sind für die Festigkeitsveränderung durch Veredelung. Endlich wurde auch die Dauerstandfestigkeit bestimmt, d. h. die Spannung, unter der der Stoff mit der Geschwindigkeit 0,001 vH/h sich verlängert, und bei einigen Stoffen die Kerbzähigkeit mit dem Charpy-Hammer. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

Zur Untersuchung der Schwingungsfestigkeit wurde eine Dauerbiegeprüfmaschine der Firma Carl Schenk, Darmstadt, benutzt. Die Stäbe hatten 9,45 mm Dmr. und wurden zur Aufnahme der drei kennzeichnenden Kurven stufenweise so belastet, daß die Höchstspannung in der äußersten Faser jeweils um 1 oder 2 kg wuchs bis zum Bruch. Jede Stufe wurde bis zum Beharrungszustand innegehalten (etwa 15 000 Umdrehungen). Bei der Ablesung der Maschinenleistung in Watt ergab sich eine so große Streuung der Werte, daß auf eine genaue Bestimmung der verhältnismäßig kleinen aufgenommenen Leistung verzichtet werden mußte. Als Kurve wurde daher die Gesamtleistung (Leerlauf + aufgenommene Leistung) in Abhängigkeit von der Höchstspannung in der äußersten Stabfaser aufgezeichnet. Eine etwa vorhandene Unstetigkeit dieser Kurve bedeutet eine Unstetigkeit in der Kurve der aufgenommenen Leistung. Während bei Versuchen mit Stahl diese Kurven an der Stelle der Dauerfestigkeit plötzlich steil aufwärtsgehen, war hier wie im Beispiel, Abb. 5 (Schwingungsfestigkeit 11 kg/mm²), aus keiner der aufgenommenen Leistungskurven etwas über die Höhe der Schwingungsfestigkeit zu entnehmen.

Ebensowenig ließen die Kurven der Durchbiegung (fast geradlinig) und der Temperatur einen sicheren Schluß auf

[1]) Dr.-Ing. Lehr: Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit von Materialien. Dr.-Ing.-Dissertation, Stuttgart 1925.

[2]) Dr.-Ing. R. Wagner: Die Bestimmung der Dauerfestigkeit der knetbaren, veredelbaren Leichtmetallegierungen. Ber. a. d. Inst. f. mech. Technol. und Materialk. der Techn. Hochschule Berlin. Berlin 1928.

Zahlentafel 2
Zusammenstellung der ermittelten Festigkeitswerte

Be-eich-nung	$\sigma_{E\,0,001}$ kg/mm²	σ_B kg/mm²	$\sigma_{B\,\mathrm{eff}}$ kg/mm²	δ vH	q vH	σ_{st} kg/mm²	σ_D kg/mm²	A_{spez} mkg/cm²
13	11	26	33	8,5	32	21,8	10	2,99
14	16,7	47,5	56,5	15,1	21	38,5	12	3,93
15	16,8	52,3	63,8	12,25	23,5	32,5	10	—
16	10,5	26	39	10	43	19,5	10	2,95
17	16,9	41	55,4	20,6	34,7	28,8	11	3,87
18	18,7	45,6	63,5	13	34	32	10	—
19	10,5	26	38	10	40	17,25	10	2,97
20	17	42,7	58	19,5	39	34,8	12	3,92
21	18,3	45	60	12,5	34	36,2	11	—
30	3,82	19,5	27,7	19,7	38	7,45	9	—
31	9,02	32,5	41	21	34	19,5	10	—
32	9,5	35,5	49	23	34	26,6	11	—
22	5,3	35,6	36,5	4	5,6	20	15	—
23	12,2	36,1	40,5	5,6	8	26,8	15	—
24	4,75	30,7	41,3	10,7	33,3	18,6	13	—
25	4,8	25,3	37,3	17,1	34	13,5	11	—
29	6,5	30	35	11	22	17,5	11	—
26	26	52	61	13	17	38	11	—
27	3,2	19	20	7,5	8	—	4	—
28	3,2	17,5	18	3,7	4,5	—	4	—

Es bedeutet: σ_E Elastizitätsgrenze, σ_B Zugfestigkeit, $\sigma_{B\,\mathrm{eff}}$ Reiß-stigkeit, δ Bruchdehnung, q Querschnittverminderung, σ_{st} Dauer-andfestigkeit, σ_D Schwingungsfestigkeit (Wechselfestigkeit), A_{spez} chlagarbeit.

ie Dauerfestigkeit zu. Der geringe Betrag der höchsten rwärmung (14 ° bei Elektron 22) läßt schließen, daß keine lastischen Verformungen auftreten.

Da dieses abgekürzte Verfahren keine Dauerfestigkeits-estimmung ermöglichte, wurde durch Dauerversuche die für de Laststufe bis zum Bruch notwendige Lastwechselzahl be-immt; dabei wurden alle Werkstoffe bis zu $2 \cdot 10^7$ Last-echseln unterzogen, einige sogar bis zu $22{,}5 \cdot 10^7$ Last-echseln. Ein Beispiel zeigt Abb. 6.

Die in Zahlentafel 2 zusammengefaßten Ergebnisse eigen deutlich den geringen Einfluß der Veredelung auf die chwingungsfestigkeit. Bei allen Duraluminlegierungen egt die Dauerfestigkeit σ_D dicht bei der Elastizitäts-renze σ_E des ausgeglühten Stoffes, bei Lautal und den agnesiumlegierungen 22, 24, 25, 29 liegt σ_D sogar weit ber σ_E, bei Skleron 26 liegt σ_D tief unter dem besonders ohen σ_E. Die Vergütung von Elektron V_1 zu Elektron V_1W at keinen Einfluß auf seine außerordentlich hohe Schwin-ungsfestigkeit.

Da nach Ludwik[3]) die Größenordnung des Gleit-iderstandes gleichlaufend ist mit der Härte, wurden Rock-ell-Härteprüfungen an unbeanspruchten und beanspruchten täben angestellt. Es ergab sich z. B. beim ausgeglühten Lau-al 30 eine Härtezunahme von 36 vH durch die Dauerbean-pruchung, also ein durch die Dauerschwingung erhöhter leitwiderstand, der die im Verhältnis zu σ_E sehr hohe chwingungsfestigkeit erklärt.

Die mikroskopischen Gefügebilder zeigten deutlich die ekannte Erscheinung, daß durch Dauerbeanspruchung keine efügeänderung bewirkt wird.

[3]) Ludwik, Die Bedeutung des Gleit- und Reißwiderstandes für ie Werkstoffprüfung, Z. Bd. 71 (1927) S. 1532.

Abb. 4
Schema der Dauerbiegeprüfmaschinen.

Abb. 5
Kurven des Duralumin 14 im Abkürzungsverfahren. Die dünnen Kurven zeigen die größten Abweichungen nach oben und unten.

Die Dauerschlagfestigkeit wurde auf einem Dauerschlag-werk der Bauart Krupp untersucht; dabei ergab sich eine desto größere Schlagzahlerhöhung durch Veredelung ($N_{\mathrm{vered.}} : N_{\mathrm{gegl.}}$), je kleiner das jeweils angewandte Schlag-moment war. Für die drei angewandten Schlagmoment-stufen war jedenfalls der Einfluß der Veredelung so aus-geprägt, daß man daraus auf eine grundsätzliche Verschie-denheit der beiden Beanspruchungsarten — Dauerstöße und Dauerschwingungen — schließen muß. Die veredelten Stoffe erforderten eine drei- bis zwölffache Schlagzahl.

Die Dauerschwingungsfestigkeit der knetbaren, veredel-baren Leichtmetallegierungen ist nicht aus abkürzenden Ver-fahren (Bestimmung der Leistungsaufnahme, Temperatur-erhöhung und Durchbiegung), ebenfalls nicht aus statischen Versuchen zu ermitteln. Der Einfluß der Veredelung auf die Dauerschwingungsfestigkeit (Wechselfestigkeit) ist sehr gering. Dagegen wird die Dauerstoßfestigkeit durch Ver-edelung wesentlich erhöht, allerdings desto weniger, je höhere Schlagmomente angewandt werden. Dauerbrüche verändern das metallographische Gefügebild nicht.

Göttingen. [M 2195] Mesmer

Abb. 6
Kurven der drei Duralumine 681 A im Dauerversuch.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Elektrische Meßtechnik. Von Wilhelm Jaeger. 3. Aufl. Leipzig 1928, Joh. Ambros. Barth. 553 S. m. 556 Abb. Preis 43 *RM.*

Das ausgezeichnete Werk Jaegers hat innerhalb 11 Jahren die dritte Auflage erfahren. Das beweist nicht nur den großen Anklang des Buches in Fachkreisen, sondern auch das Bestreben des Verfassers, seine Leser immer über das Neueste zu unterrichten. Die dritte Auflage ist bei gleicher Anordnung des Stoffes wie bisher durch eine Reihe neuer Zusätze ergänzt worden. Für diejenigen, die das Buch noch nicht kennen, sei folgendes gesagt:

Der Inhalt baut sich auf streng wissenschaftlichen Grundlagen auf, die der Übersicht wegen im ersten Drittel vorweggenommen sind. Dieser umfangreiche theoretische Teil bildet ein übersichtliches Nachschlagewerk, das alle Gesetze der Mathematik und der Elektrotechnik enthält, die zum Verständnis der zu messenden elektrischen Vorgänge sowie der Messungen selbst notwendig sind. Ein Abschnitt über Einheiten und Normale leitet zum praktischen Teil über. In den folgenden Abschnitten behandelt der Verfasser eingehend und erschöpfend die elektrischen Meßinstrumente und Hilfsgeräte, Vorrichtungen und Verfahren für Gleich- und Wechselstrommessungen, schließlich magnetische Messungen und elektrische Temperatur- und Strahlenmessungen. Eine besondere Anerkennung verdient der reichhaltige und gewissenhafte Nachweis grundlegender Werke von führenden Wissenschaftlern, der sich am Fuße jeder Seite befindet. Das Buch wird sich neue Freunde zu den alten gewinnen. [E 2232] Zn

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach und W. Hort. 1. Bd. 2. Lfg. Leipzig 1928, Joh. Ambrosius Barth. S. 307 bis 694 m. Abb. 121 bis 423. Preis 37,50 *RM.*

In den bisher erschienenen Lieferungen[1]) dieses umfassenden Werkes sind im allgemeinen Grenzgebiete der Ingenieurwissenschaft behandelt worden, und zwar vorwiegend von Physikern und Mathematikern. Demgegenüber enthält die vorliegende Lieferung eine Reihe von Abschnitten, in denen verschiedene Verfasser kurz und übersichtlich solche Gebiete der Mechanik darstellen, die der gebildete Ingenieur beherrschen sollte, nämlich: Prinzipien der Mechanik (Max Winkelmann), Geometrie der Massen (Rudolf Skutsch), Geometrische Bewegungslehre (Rudolf Beyer), Kinematik der Schwingungen (Felix Auerbach), Zwanglaufmechanik (Rudolf Beyer), Allgemeine Statik und graphische Statik der Systeme starrer Körper (Hans Reißner), Statik und Kinematik der einfachen Maschinen (Paul Stephan).

Die wissenschaftlich einwandfreie Darstellung hat es mit sich gebracht, daß an manchen Stellen Bezeichnungen eingeführt worden sind (z. B. in Abb. 370), die in der Praxis nicht üblich sind. Bei einer neuen Auflage wäre es jedoch erwünscht, wenn die eingebürgerten Bezeichnungen nach Möglichkeit gebraucht würden. Den einzelnen Abschnitten sind Quellenverzeichnisse beigegeben. Auch die vorliegende Lieferung zeigt die gleiche vorzügliche Ausstattung mit Abbildungen wie die früheren.
[E 2236] W. S.

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) Nr. 39 S. 1391.

Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik. Von Otto Mohr. 3. Aufl. Herausgeg. von K. Beyer und H. Spangenberg. Berlin 1928, W. Ernst & Sohn. 622 S. m. 528 Abb. Preis 33 *RM.*

Mohr hat 1905 seine für verschiedene Gebiete der technischen Mechanik grundlegenden Arbeiten zu einer Reihe neuer Abhandlungen zusammengefaßt, die abgerundete Kapitel darstellen, so daß fast ein Lehrbuch über die wichtigsten Abschnitte der technischen Mechanik entstanden ist. Die Mohrschen Abhandlungen gehören zu den klassischen Werken der technischen Mechanik, die nicht vergehen werden.

Zu einem Satz der Herausgeber sei etwas gesagt. In ihrem Vorwort steht: „Richtlinie für die Herausgabe der dritten Auflage war, die klassischen Arbeiten Mohrs unverändert der Nachwelt als Quellenwerk zu erhalten". Ein Quellenwerk ist das hier vorliegende Buch nicht. In verschiedenen Abhandlungen hat Mohr nicht nur den Inhalt seiner Originalabhandlungen wiedergegeben, sondern die Kapitel bearbeitet vom Standpunkt der Wissenschaft des Jahres 1905 und 1913 (bei der 2. Auflage), so daß sie sicher kein Quellenwerk geworden sind. Hoffen wir, daß mit einer Lebensbeschreibung Mohrs zusammen noch einmal die wichtigsten, in Zeitschriften verborgenen Mohrschen O[...]ginalabhandlungen, die teilweise viel mehr enthalten als [...] Überarbeitungen, in ihrer vollendeten Schönheit der Na[...]welt erstehen. [E 2000] Hertwig

Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen. Herausgeg. vom V[...] ein Deutscher Eisenhüttenleute. Schriftleiter Karl Da[...]ves. Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. Preis 24 [...]

Die Form der Ringbücher für technische Werke üb[...] Gebiete, die sich schnell entwickeln, ermöglicht ei[...] dauernde Anpassung des Inhalts an den Stand der Techn[...] Sehr zu begrüßen ist, daß für das Werkstoffhandbuch Sta[...] und Eisen diese zweckmäßige Form gewählt worden ist. [...] der Tat wäre es auf anderm Wege nicht möglich gewese[...] die große Aufgabe zu lösen, die sich der Verein Deutsch[...] Eisenhüttenleute mit der Herausgabe dieses Werkes geste[...] hat. Handelt es sich doch um die Darstellung eines G[...]bietes, das für alle Ingenieure von der größten Wichtigke[...] ist, das aber nicht mit feststehenden Formeln und Zahle[...]tafeln, sondern nur durch Mitteilungen über den jeweilige[...] Stand der empirischen Erkenntnis richtig dargestellt we[...]den kann.

Deshalb war es auch erforderlich, den Inhalt sehr wei[...]gehend zu unterteilen, so daß für jedes Einzelgebiet Fach[...]leute herangezogen werden konnten, die die Bearbeitung au[...] eigener Erfahrung schöpfen. Die Inangriffnahme und gut[...] Durchführung dieser Aufgabe wäre nicht möglich geweser[...] wenn nicht Herausgeber und Mitarbeiter gemeinsam vo[...] der selbstlosen Absicht beseelt gewesen wären, ein für di[...] deutsche Technik grundlegendes Buch zu schaffen. Ein[...] solche Stimmung war lebendig in den Monaten, in denen di[...] Werkstoffschau vorbereitet wurde; das Werkstoffhandbuc[...] ist ein bleibendes Ergebnis dieser fruchtbaren Gemeinschaft[...]arbeit. Das Werk gehört zu dem unentbehrlichen Rüstzeu[...] eines jeden Ingenieurs. Dem Verein Deutscher Eisenhütten[...]leute als Herausgeber und dem Schriftleiter, Dr.-Ing. Ka[...] Daeves, sowie allen Mitarbeitern gebührt der Dank de[...] Fachgenossen für ihre Leistung. [E 2339] H. Haneman[...]

Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau, 1. H.: **Di[...] Zylinder ortfester Dampfmaschinen.** Von H. Frey. 2. Auf[...] Berlin 1927, Julius Springer. 42 S. m. 131 Abb. Preis 3 [...]

Das für den jüngeren Konstrukteur bestimmte Büchlei[...] behandelt zunächst die für den Aufbau eines Dampf[...]maschinenzylinders maßgebenden Gesichtspunkte: Rücksich[...] auf Herstellung, Beanspruchungen durch Wärme und äußer[...] Kräfte, sowie Wärmeausnutzung. Dann werden an der Han[...] von guten Abbildungen, die Werkzeichnungen namhafte[...] Firmen entnommen sind, die verschiedenen Arten de[...] Zylinder, einschließlich Höchstdruck und Gleichstrom, be[...]sprochen. Endlich werden wichtige Einzelteile heraus[...]gegriffen und die Vor- und Nachteile der verschiedene[...] Ausführungsformen erläutert. Alle Erwägungen, die be[...] der Konstruktion von Dampfmaschinenzylindern mit[...]sprechen könnten, werden zur Sprache gebracht. De[...] Schluß bilden einige Winke, wie man beim Entwurf eine[...] solchen Zylinders vorzugehen hat. Das Werkchen ist kla[...] und leicht lesbar geschrieben. Als Wunsch für die nächst[...] Auflage: zahlenmäßige Angaben über Wanddicken, zulässig[...] Beanspruchungen usw., vielleicht auf Grund der Durchrech[...]nung eines Ausführungsbeispiels.
[E 1173] J. Kluitmann

Richtige Reklame. Von Harry Tipper, Harry L. Hollingworth, G. U. Hotchkiss, F. A. Parsons. 2. Aufl. Ins Deutsche übersetzt von H. Hahn. Berli[...] 1928, Julius Springer. 468 S. m. 122 Abb. und 4 Taf. Prei[...] 22,50 *RM.*

Die Verpflanzung eines Buches von einem Land i[...] ein andres bedeutet für seinen Inhalt allemal eine nich[...] ungefährliche Belastungsprobe, auch wenn es sich, wie i[...] vorliegenden Fall, um ein Werk handelt, das im Urtext di[...] Einführungsschwierigkeiten längst überwunden hat. De[...] Stoff ist auf seine Verwendung für Lehrzwecke zuge[...]schnitten. Er bringt Urteile und Erfahrungen in eine[...] Form, die, ohne ergänzende Erläuterungen, einem weniger[...] Bewanderten auch da Allgemeingültigkeit vortäuscht, w[...] Landeseigentümlichkeiten zu berücksichtigen sind oder a[...] sich strittige Fragen behandelt werden. Zudem schließt di[...] Methodik amerikanischer Stoffbehandlung, ihrer sprachlichen Eigenart entkleidet, für den deutschen Leser Weitschweifigkeiten in sich, die verschiedentlich starke Kürzungen vertragen. Angesichts des finanziellen Wagnisses einer solchen Buchherausgabe würde daher der begrüßens-

[we]rte Versuch, Auslandliteratur zu erschließen, der Sache [se]lbst vollkommener gerecht werden, wenn durch straffe [Ü]berarbeitung Raum für die notwendige Gegenüberstellung [m]it den besonderen deutschen Verhältnissen gewonnen [w]ürde. [E 2112] K. Schulz

[Tü]ten-, **Beutel- und Papiersackfabriken,** sowie ihre Nebenfächer. Von Heinrich Thümmes sr. 2. Aufl. 1. Bd. Berlin 1928, Carl Hofmann. 405 S. m. 193 Abb. im Text u. auf Taf. Preis 15 RM, bei Bestellung beider Bände 25 RM.

Der immer größer werdende Verbrauch an Verpackungs[m]itteln aus Papier hat eine bedeutende Industrie erstehen [la]ssen und auch viele Großverbraucher zur Selbstherstel[lu]ng veranlaßt. Den technischen und kaufmännischen An[ge]stellten dieser Fabriken oder Abteilungen soll das vor[lie]gende Handbuch bei Neubestellung von Maschinen, bei [de]ren Bedienung und bei der Beseitigung von Störungen als [R]atgeber dienen. Insbesondere aber ist es geeignet, dem [sc]haffenden Konstrukteur eine gute Übersicht über den [he]utigen Stand dieser Maschinen zu geben. Der Verfasser [br]ingt zunächst einen kurzen Rückblick auf die Entwick[lu]ng und schildert dann, von älteren, vielfach noch im Be[tr]ieb befindlichen Bauarten ausgehend, die neuesten Ver[be]sserungen und Konstruktionen. Die Druckwerke, die [P]apierschneide- und Wickelmaschinen werden besonders [au]sführlich behandelt, ebenso das Ausstanzen und Gum[m]ieren der Papiere. Das Buch ermöglicht einen guten Ein[bl]ick in die auf diesem Gebiet erzielten Fortschritte, die im [Sc]hrifttum sonst wenig beachtet worden sind.
[E 1495] Dr. Haßler

[D]ie **Papierholzversorgung.** Von Gerhard Reinhold. Berlin 1927, Carl Hofmann. 147 S. m. 8 Abb. Preis 6 RM.

Das Buch bringt zum erstenmal eine zusammenfassende [A]rbeit über die Papierholzversorgung der ganzen Welt. In [de]n Hauptabschnitten: Papierholzverbrauch der Industrie, [P]apierholzerzeugung, Papierholzhandel, Papierholztarife und [Z]ölle und schließlich Preisgestaltung des Papierholzes, ist [ei]ne Fülle von wissenswertem Stoff dargelegt. Besonders [zu] loben ist, daß alle Fragen international behandelt werden, [zu]mal auch die wichtige Rohstofffrage. Eine große Anzahl [st]atistischer Tafeln birgt gut geordnete und reiche Zahlen[un]terlagen. [E 1516] Dr.-Ing. von Laßberg

[D]ie **Gleichstrom-Querfeldmaschine.** Von E. Rosenberg. Berlin 1928, Julius Springer. 97 S. m. 102 Abb. Preis 11 RM.

[D]ie **Krankheiten des Bleiakkumulators,** ihre Entstehung, Feststellung, Beseitigung, Verhütung. Von F. E. Kretzschmar. 3. Aufl. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 181 S. m. 98 Abb. Preis 10,50 RM.

[Be]**rechnung statisch unbestimmter Systeme.** Von J. Rieger. 1. T.: Der einfache Rahmenträger. Leipzig und Wien 1928, Franz Deuticke. 185 S. m. 62 Abb. und 50 Taf. Preis 17,40 RM.

Studienbücher der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik. Herausgeber Georg Wolff. 1. Bd.: **Angewandte Differential- und Integralrechnung.** Von Alfred Harnack. Berlin 1928, Otto Salle. 265 S. m. 76 Abb. Preis 10 RM.

Die Eisenbahn-Verkehrsordnung vom 16. Mai 1928. 2. Aufl. Von Theodor Kittel, Kurt Friebe und Edward Hay. Berlin 1928, Reimar Hobbing. 305 S. Preis 12 RM.

Autotechnische Bibliothek 87. Bd.: **Modernisierung und Leistungssteigerung des Kraftfahrzeuges.** Von Heinz Eichhorn. Berlin 1929, Richard Carl Schmidt & Co. 106 S. m. 21 Abb. Preis 3,50 RM.

Flugzeugbau und Luftfahrt, 12. H.: **Gleitflug und Gleitflugzeuge.** Von F. Stamer und A. Lippisch. 2. T.: Bauanweisungen und Bauzeichnungen. Charlottenburg 1928, C. J. E. Volckmann Nachf. 19 S. m. 8 Abb. und 5 Taf. Preis 2,50 RM.

Die Rakete für Fahrt und Flug. Von A. B. Scherschevsky. Berlin-Charlottenburg 1929, C. J. E. Volckmann Nachf. 134 S. m. 77 Abb. Preis 6 RM.

Union Internationale de Radiotélégraphie Scientifique. Vol. 1, Fasc. 1, Juillet 1928. Brüssel 1928, Le Secrétariat général de L'U. R. S. I. (Palais des Académies). 78 S. m. Abb. Preis des vollst. Bandes 100 Frs.

Empfang auf kurzen Wellen. Von Manfred v. Ardenne. Berlin 1928, Rothgießer & Diesing A.-G. 83 S. m. 79 Abb. Preis 3,50 RM.

Schriften des Verbandes zur Klärung der Wünschelrutenfrage. 10. H. Stuttgart 1927, Konrad Wittwer. 42 S. m. 10 Abb. Preis 2 RM. Aus dem Inhalt: **Der gegenwärtige Stand der Wünschelrutenfrage.** Von Rudolf Frhr. v. Maltzahn. **Die Sickerungserscheinungen an der Brüxer Talsperre** und ihre Dichtung mit Hilfe der Wünschelrute. Von Marquardt. **Neue Gesichtspunkte zur Psychologie der Wünschelrute.** Von Rudolf Frhr. v. Maltzahn. — 11. H. Stuttgart 1928, Konrad Wittwer. 65 S. m. 21 Abb. Preis 3,50 RM. Aus dem Inhalt: **Geologische Beobachtungen mit der Wünschelrute.** Von Kurt Oßwald. **Mein System der Wasseradern-Querdränung** (Kurzdränung). Von H. Claus. **Wünschelrutenergebnisse.** Von Brannolte. **Zeitschrift für Wünschelrutenforschung.** Von Carl v. Klinckowstroem.

Anleitung für den Gebrauch der AWF-Maschinenkarten für die mechanische Industrie. 3. Aufl. Herausgeg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Berlin 1928, Beuth-Verlag. 25 S. m. 6 Abb. Preis 1 RM.

Technologie des Karteiwesens bei den Industrie- und Handeskammern. Von Hans Rückert. Oos-Baden-Baden 1928, Fabrik Stolzenberg. 46 S. m. 20 Abb. Preis 4,50 RM.

Luftfahrt ist not! Herausgeg. von Ernst Jünger. Berlin 1928, Wilhelm Andermann. 399 S. m. Abb. Preis 49,50 RM.

ZUSCHRIFTEN AN DIE SCHRIFTLEITUNG

Durchflußbeiwerte der IG-Meßmündungen für Wasser, Öle, Dampf und Gas

Der Aufsatz von Dr. R. Witte in Nr. 42 S. 1493 dieser [Ze]itschrift wird bei allen, die sich mit Mengenmessungen [du]rch Düsen und Drosselscheiben befassen, das lebhafteste [In]teresse finden. In der Tat ist es höchst dankenswert, daß [di]ese ebenso vielseitigen wie sorgfältigen Messungen nun[me]hr der Öffentlichkeit übergeben worden sind. Von ganz [be]sonderem Wert scheinen mir vor allem die Feststellungen [üb]er die Gültigkeit des Reynoldsschen Ähnlichkeitsgesetzes [au]ch für Düsen; Abb. 35 bis 39 der Witteschen Abhand[lu]ng müssen alle diejenigen bekehren, die bisher immer [no]ch nicht glauben wollten, daß der Düsenbeiwert für [W]asser, Öl, Benzin, Dampf und Luft genau übereinstimmt, [fa]lls nur die Reynoldssche Zahl dieselbe ist.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ist allerdings die [A]bhängigkeit der Beiwerte der ebenen Drosselscheibe vom [Ro]hrdurchmesser. Bei der sonstigen Genauigkeit der Witte[sc]hen Messungen erscheint es ausgeschlossen, die Abwei[ch]ungen, die sich in Abb. 21 zeigen, durch Meßfehler er[k]lären zu wollen. Es liegt hier eine ganz offenkundige [A]bweichung vom Ähnlichkeitsgesetz vor, die nur davon [he]rrühren kann, daß bei den Versuchsanordnungen in [ir]gendeiner Weise Abweichungen von der geometrischen [Äh]nlichkeit vorgekommen sind. Ich vermute, daß man bei [de]n größeren Rohrdurchmessern die vor der Drosselscheibe [be]findliche Rohrstrecke mit wachsendem Rohrdurchmesser nicht geometrisch ähnlich verlängert hat und daß es sich in den Abweichungen von Abb. 21 nicht eigentlich um einen Einfluß des Rohrdurchmessers, sondern um einen der Rohrlänge handelt. Die volle Ausbildung des Geschwindigkeitsprofiles der turbulenten Rohrströmung bedarf einer Anlauflänge von etwa 50 Rohrdurchmessern. Wenn in einem bestimmten Fall, wie aus Abb. 14 zu entnehmen ist, die Anlaufstrecke nur 4 m und der Rohrdurchmesser 500 mm betrug, so war hier eine Anlaufstrecke von nur acht Rohrdurchmessern vorhanden und also das Geschwindigkeitsprofil noch weit von dem in langen Rohrleitungen verschieden. Eine solche Änderung des Geschwindigkeitsprofiles muß in der Tat einen Einfluß von der Art ergeben, wie er in Abb. 21 zu erkennen ist. Aus dem ganzen Sachverhalt muß dann allerdings geschlossen werden, daß die ebenen Drosselscheiben durch die Empfindlichkeit ihrer Angaben gegenüber der Geschwindigkeitsverteilung der ankommenden Strömung ein wenig zuverlässiges Mittel zur Mengenmessung sind.

Nun seien mir als dem einen der Väter der VDI-Düse noch einige Bemerkungen über diese Düse gestattet. Sie ist nicht, wie Herr Dr. Witte in Fußnote 4, S. 1496, sagt, erst 1925 entstanden, sondern sie stammt aus dem Jahr 1912, dem Jahr der Inbetriebnahme des Werkes Oppau, und ist erstmalig in dem Erläuterungsbericht zu den Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren in der VDI-Zeitschrift 1912 veröffentlicht. Die Düsenzeichnung

befindet sich dort S. 1838. Als mir die Aufgabe gestellt wurde, die Form für eine Einheitsdüse zu entwerfen, glaubte ich die Lösung darin zu finden, daß das strömende Medium möglichst ohne örtliche Verzögerung an den Düsenwänden entlang strömen sollte, damit die Gefahr der Ablösung des Stromes von den Wänden und damit einer Kontraktion des Flüssigkeitsstrahles vermieden werde. Ich habe mich gerade gescheut, so kurze Abrundungen anzuwenden, wie die IG-Düse sie zeigt, denn ich sagte mir, daß in diesem Falle die Gefahr, daß sich die Strömung in der Rundung von der Wand ablöst, ziemlich groß sei, und daß dann der Beiwert der Düse kleiner oder größer wird, je nachdem die Strömung sich ablöst oder an der Wand haften bleibt. Diese Erscheinung tritt denn auch bei der IG-Düse sehr kräftig auf. Abb. 35 zeigt, daß bei $m = 0{,}09$ zwischen Reynoldsschen Zahlen von 10^4 bis $2 \cdot 10^4$ ein Übergang des Beiwertes von 0,905 auf 0,98 stattfindet. In diesem Bereich ist die IG-Düse sicher nicht brauchbar. Die Erkenntnis der Strömungsvorgänge hat seit 1912 natürlich Fortschritte gemacht. Man weiß heutzutage, daß ein gewisses Maß von Turbulenz des ankommenden Stromes genügt, um eine solche sich eben von der Wand ablösende Strömung wieder an die Wand anzulegen. Daraus folgt zweierlei: Einmal die wichtige praktische Feststellung, daß bei Reynoldsschen Zahlen, die höher sind als etwa $3 \cdot 10^4$, die Beiwerte der IG-Düse sehr gut konstant sein werden. Die andre Bemerkung ist die, daß die kritische Reynoldssche Zahl in die Höhe rückt, wenn die Turbulenz des ankommenden Stromes geringer wird. Dies ist die Erklärung dafür, daß die Sprungstelle in den Beiwerten bei kleinem Öffnungsverhältnis m wesentlich höher liegt als bei großem m, wofür sich in den Abbildungen 5 bis 12 sowohl wie auch in Abb. 37 deutliche Beispiele finden. Diese Erscheinung nötigt also zu dem Hinweis, daß, wenn die Reynoldssche Zahl nicht sehr hoch ist, bei der Anwendung gerade der kleinen m-Werte Vorsicht am Platz ist.

Was nun die VDI-Düse betrifft, so ist dazu zu sagen: „Es fällt in die Szylla, wer sich bestrebt, die Charybdis zu meiden." Die Beiwertkurve der VDI-Düse hat sicher nirgends eine so schlimme Stelle, wie die der IG-Düse bei der Reynoldsschen Zahl 10^4, aber die Störungserscheinungen durch den Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung sind auch hier, wie wir inzwischen selbst schon vermutet haben, nicht ganz vermieden worden, und der Hauptübergang ist zu höheren Reynoldsschen Zahlen heraufgerückt, so daß gerade in dem hauptsächlich verwendeten Gebiet noch ein störender Gang des Beiwertes vorhanden ist. So, wie die Verhältnisse liegen, kann man nur empfehlen, daß für alle Messungen oberhalb $3 \cdot 10^4$ abgerundete IG-Düsen verwendet werden.

Prandtl

Erwiderung

Prof. Dr. Prandtl spricht die Vermutung aus, daß die der Ähnlichkeitsmechanik widersprechende Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser der scharfkantigen Meßscheiben nach Abb. 21 meines Aufsatzes von einer nicht genügend langen Einlaufstrecke, weniger als 50 D, herrühre. In meiner Arbeit, die nicht von der Strömungstheorie, sondern von den praktischen Bedürfnissen der Betriebskontrolle ausgegangen ist, ist darauf hingewiesen, daß bei den jetzt üblichen Stauscheiben für den Übergang zu einem anderen Rohrdurchmesser die Voraussetzungen der Ähnlichkeitsmechanik nicht erfüllt sind. Welche der nicht erfüllten Voraussetzungen, ob die fehlende geometrische Ähnlichkeit der Scheiben oder der Einlaufströmung als Einfluß der Rohrrauhigkeit, dafür verantwortlich zu machen ist, daß das Ähnlichkeitsprinzip nicht anwendbar ist, kann nur Gegenstand weiterer Versuche sein, die hier im Gange sind. Ich kann aber, um die geäußerten Zweifel an der Zuverlässigkeit der Stauscheibe sofort zu zerstreuen, bezüglich des Einflusses der Einlaufstrecke mitteilen, daß nach unseren sorgfältigen Messungen über den Einfluß von Rohrkrümmern im Rohr von 100 mm Dmr. eine gerade Einlauflänge von 0 bis 10 D, je nach dem Öffnungsverhältnis m, genügt, und daß eine weitere Verlängerung bis zu 23 D keinen Einfluß auf den Beiwert ergeben hat.

Bezüglich der abgerundeten Scheiben muß ich zunächst meine Fußnote, daß die VDI-Düse 1925 „entstanden" sei, berichtigen; sie ist seit 1925 „verfügbar", denn für die bereits 1912 als Normaldüse vorgeschlagene Form sind meines Wissens erst 1924 von Jakob und Erk die Beiwerte ermittelt. Den Grund für die bessere Beiwertkonstanz bei der IG-Düse gegenüber der Normaldüse sieht Prof. Dr. Prandtl in der Turbulenz der Einlaufströmung. Zu seinen sehr interessanten Äußerungen kann ich indes noch nichts Entscheidendes mitteilen.

Die Eichergebnisse bei sehr kleinem m, Abb. 35, lassen ja, wie im Aufsatz betont, eine „labile Sprungstelle" vermuten, die Eichergebnisse bei den üblichen m dagegen eher einen gleichmäßigen Verlauf; ferner zeigen die Eichergebnisse der scharfkantigen Scheiben ein Anwachsen des Beiwertes bei abnehmender Reynoldsscher Zahl, bestätigen also den Einfluß eines zweiten Faktors, des Einschnürungsfaktors, der einen dem Reibungsfaktor entgegengesetzten Verlauf zeigt. Ob demnach die Vorstellung von Prof. Prandtl eines Beiwertsprunges bei einer kritischen Geschwindigkeit genügt, wonach das Strömungsbild sich sprunghaft ändern würde[1]), oder ob man es mit einem gleichmäßig verlaufenden Übergang mehrerer, gegenläufiger Faktoren zu tun hat, schließlich welchen Einfluß das zylindrische Anlaufstück auf die Kontraktion und Wirbelablösung des Einlaufstücks der Düse hat, darüber können erst weitere Versuche und Strömungsbilder entscheiden. Auch hiermit sind wir beschäftigt, unter Beachtung der Tatsache der gegenläufigen Eichkurven der scharfkantigen und der abgerundeten Scheiben, und wir haben auch bereits Düsenformen, deren Beiwert noch weniger als der der IG-Düse oder -Stauscheibe abfällt; doch ist die Betriebstauglichkeit solcher Formen noch zu prüfen, da sie wesentlich auch von der Eindeutigkeit des Beiwerts und werkstattmäßiger Reproduzierbarkeit abhängt.

Bei meinem Aufsatz kam es indes darauf an zu zeigen, daß man mit den jetzt üblichen, werkstattechnisch sicher herzustellenden Mündungsformen mit außerordentlich großer Zuverlässigkeit praktisch messen kann, innerhalb gewisser sehr weitreichender Grenzen. Der Überzeugungskraft der mitgeteilten Eichungen opferte ich alle diejenigen Schlüsse, die man aus dem großen mitgeteilten Material für die Strömungstheorie und für die Weiterentwickelung der Meßmündungen über die mitgeteilten Meßgrenzen hinaus zu ziehen versucht ist, die aber erst durch weitere Versuche praktischen Wert bekommen und ohne solche Versuche, wie ich fürchtete, leicht einen weiteren Beitrag zur großen Unsicherheit im Schrifttum liefern würden.

[D 2271] Witte

[1]) Bericht von Prof. Prandtl, Hydraulikertagung 1925 in Göttingen, „Hydraulische Probleme", Berlin 1926, VDI-Verlag.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

Zahnradgetriebe zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Turbomaschinen.

Mitteilung der AEG.

Die Steigerung der Betriebsgeschwindigkeit von Kraftmaschinen hat im Turbomaschinenbau zur Anwendung des mittelbaren Antriebes geführt. Die Zwischenschaltung von Zahnradgetrieben macht es stets möglich, durch Wahl verschiedener Drehzahlen für die Kraft- und die Arbeitsmaschinen die günstigsten Verhältnisse zu erreichen.

Bild 1.
Herstellung der Verzahnung von Rad I und Ritzel II eines zweistufigen Schiffs-Zahnradvorgeleges für N = 5400 WPS bei n = 3600/84 U/min.

Die AEG hat den Bau hochwertiger Zahnradvorgelege schon vor etwa 20 Jahren aufgenommen und seither eine große Anzahl von Getrieben für ortsfeste Anlagen und Schiffsantrieb ausgeführt. Zahlreiche neue Aufträge kennzeichnen das wachsende Zutrauen, das dem Hochleistungsgetriebe, heute einem der wichtigsten Elemente des Dampfturbinenbaues, entgegengebracht wird.

Für Zahnradgetriebe kommt im allgemeinen die einfache Stirnverzahnung oder die *Schrägverzahnung* in Anwendung. Von einer Stirnverzahnung mit geraden, zur Wellenachse parallelen Zähnen, wie sie für geringe Umfangsgeschwindigkeiten allgemein verwendet wird, kann bei höheren Drehzahlen, selbst bei sorgfältigster und genauester Herstellung, ein stoßfreier und geräuschloser Gang nicht erwartet werden, da die Anzahl der gleichzeitig in Eingriff befindlichen Zähne je nach der Stellung der eingreifenden Räder ständig wechselt. Bei einer Schrägverzahnung dagegen sind stets mehrere Zähne gleichzeitig im Eingriff und die Eingriffsstrecke wandert allmählich über die volle Zahnbreite fort, so daß sich immer Augenblicke des Ein- und solche des Auslaufes überlagern. Aus diesen Gründen verwendet die AEG für schnellaufende Zahnradvorgelege, wie sie in erster Reihe zur mittelbaren Kupplung von Dampfturbinen und Arbeitsmaschinen Verwendung finden, grundsätzlich nur Schrägverzahnung.

Infolge der Neigung der Zähne einer Schrägverzahnung gegen die Wellenachse übt der Zahndruck auf die Rad- und Ritzelwelle einen um so größeren Axialschub aus, je steiler die Schrägung ist. Getriebe mit nur einem Zahnkranz, also einfacher Schrägverzahnung, müssen daher mit so geringem Neigungswinkel ausgeführt werden, als es die Eingriffsverhältnisse zulassen. Die AEG verwendet sie vor allem ihrer Billigkeit wegen für Kleinturbinen und Hilfsmaschinenantrieb. Alle größeren und großen Turbogetriebe erhalten zweikränzige Verzahnung mit entgegengesetzter und gleicher Zahnneigung, bei der die Axialschübe sich ausgleichen.

Das Zahnprofil der von der AEG-Turbinenfabrik hergestellten Getriebe hat sich aus der normalen Evolventenverzahnung entwickelt und wird nach dem Abwälzverfahren geschnitten; der hierfür verwendete Fräser hat die Form einer Schnecke und fräst die Zahnlücken in ununterbrochenem Arbeitsgang aus dem Kranz des Werkstückes aus. Bild 1 zeigt die Herstellung der zweikränzigen Radverzahnung eines Getriebes großer Leistung; man erkennt deutlich, daß der Schneckenfräser auf dem zweiten Zahnkranz bereits sämtliche Zähne angeschnitten hat. Nach der Fertigstellung werden bei jedem Ritzel und jedem Rad Zahn für Zahn sorgfältig untersucht, damit eine Gewähr für die Einhaltung der zulässigen Fehlergrenzen gegeben ist.

Der Aufbau eines Zahnradvorgeleges ist nach seinem Verwendungszweck verschieden; je nach der geforderten Übersetzung ergibt sich eine ein- oder zweistufige Bauform. Einen Eindruck von der Größe, die einzelne Getriebe annehmen können, vermittelt Bild 2; hier werden von einem Ritzel zwei verschiedene Teilleistungen mit verschiedenen Übersetzungen abgenommen. Der Durchmesser des großen Rades ist ungefähr 3,5 m, sein Gewicht rd. 17 t.

Die Lebensdauer von Getrieben wird häufig unrichtig beurteilt. Wird der Zahndruck allein durch die Schmierschicht übertragen, und berühren sich die Profilflächen in keinem Punkte metallisch, so kann im Betriebe auch keine Abnutzung auftreten; eine zuverlässige Ölversorgung ist also für ein Zahnradvorgelege lebenswichtig.

Der Wirkungsgrad von neuzeitlichen Zahnradvorgelegen ist sehr hoch; die Reibungsverluste einschließlich der Lagerreibung betragen bei Verwendung von Öl mittlerer Zähflüssigkeit und für mittlere Leistungen bei einstufigen Getrieben nur 1 bis 2 vH, bei zweistufigen Vorgelegen 3 bis 4 vH der zu übertragenden Leistung. Die Verluste sind somit so gering, daß sie durch den Gewinn, der durch das wirtschaftlichere Arbeiten der Maschinen erzielt wird, reichlich aufgewogen werden. Da die Lager der schnellaufenden Ritzel den größten Teil der Verluste verursachen, die Verluste in der Verzahnung selbst aber nur sehr gering sind, ergeben niedrige Geschwindigkeiten und hohe Zahndrücke im allgemeinen höhere Wirkungsgrade als hohe Geschwindigkeiten und niedrige Drücke.

Die Grenzen der Verwendung von Zahnradvorgelegen zur Übertragung großer Leistungen bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten werden lediglich durch den jeweiligen Stand der Werkstoff- und Werkstattechnik bestimmt. Wenn zur Zeit bereits mit einem einzigen Ritzel Leistungen von 21 000 PS betriebssicher übertragen und Umfangsgeschwindigkeiten von 70 m/s auch bei sehr großen Leistungen unbedenklich zugelassen werden können, so zeigt das am deutlichsten den gewaltigen Fortschritt des AEG-Getriebebaues der letzten Jahre.

Bild 2.
Ritzel und Räder eines zweiseitigen Vorgeleges zum gleichzeitigen Antrieb eines Holzschleifers und eines Gleichstromgenerators durch eine Dampfturbine. N = 1250/750/2000 kW bei n = 240/750/8000 U/min.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrisch angetriebene Kreiselpumpen mit senkrechter Welle für Abwasserwerke.

Mitteilung der AEG.

Die Abwässer aus den Häusern und das Schmutz- und Regenwasser von den Straßen fließen mit natürlichem Gefälle nach der Pumpstation in den Sammelbehälter (Sandfang), in den die Saugleitungen der Pumpe eintauchen. Notwendigerweise müssen deshalb die Pumpen mitunter erheblich unter Terrain aufgestellt werden.

Werden in diesem Falle Pumpensätze mit horizontaler Welle verwendet, dann erfordert das Pumpwerk eine verhältnismäßig große Grundfläche. Diese läßt sich verringern, wenn die Pumpen direkt über den Sandfang angeordnet werden. Da der Sammelbehälter wasserdichte Ausmauerung erfordert, deren Kosten mit zunehmendem Durchmesser erheblich wachsen, wählt man, um diesen möglichst gering zu halten, Pumpen mit senkrechter Welle, die durch ebensolche Elektromotoren unmittelbar angetrieben werden. Der elektrische Betrieb ist bei Abwasserpumpwerken aber auch deshalb besonders vorteilhaft, weil die Fortschaffung besonders großer Regenwassermengen nur selten erforderlich wird, dann auch nur kurze Zeit dauert, und weil ferner die Kosten für die Anschaffung und Bedienung am niedrigsten ausfallen.

Der Ruhrverband Essen erbaute vor einiger Zeit nach obigen Gesichtspunkten in Dahlhausen ein selbsttätig arbeitendes Pumpwerk (Bild 1). Mit der Lieferung der Pumpen wurde die Geue Pumpenbau-Gesellschaft m. b. H., Berlin, beauftragt, und zwar wurden zwei Pumpen für je 180 l/s auf 9,4 m und zwei Pumpen für je 400 l/s auf 10,7 m Förderhöhe bestellt; die Antriebsmotoren, zwei von je 40 PS, 960 U/min u. zwei von je 100 PS, 580 U/min wurden von der AEG geliefert. Das Pumpwerk hat die Aufgabe, die gesamten Abwässer der Gemeinde Dahlhausen in die Ruhr zu fördern. Dies ist erforderlich, weil der Boden gesunken und ein natürlicher Abfluß nicht möglich ist. Die Abwässer gehen zunächst durch eine Kläranlage, dann in den Sammelbehälter und werden von dort in die Ruhr gefördert. Dabei schwanken die Förderhöhen entsprechend dem jeweiligen Wasserstand sowohl der Ruhr, als auch des Sammelbehälters. Trotzdem läßt sich der Betrieb in weiten Grenzen mit gutem Wirkungsgrad der Pumpen durchführen. Dies wurde einerseits durch Verwendung von Schrauben-Kreiselrädern erreicht, wobei die großen Pumpen einen höchsten Wirkungsgrad von 87,5%, die kleinen einen solchen von 78% erreichten, andererseits dadurch, daß durch zweckmäßige Unterteilung in zwei kleine und zwei große Pumpen den hauptsächlich vorkommenden Betriebsverhältnissen in wirtschaftlicher Weise Rechnung getragen wird.

Für den Betrieb der Motoren wird dem Pumpwerk Drehstrom von 10 000 V, 50 Per/s zugeführt und durch zwei Transformatoren auf 380 V transformiert (Bild 2). Das selbsttätige Ein- und Ausschalten der Pumpenmotoren geschieht durch Schwimmer, Seil, Anstoßschalter und Selbstanlasser. Diese sind auf Grund jahrelanger Erfahrungen so durchgebildet, daß ein einwandfreier, selbsttätiger Betrieb gewährleistet ist. Damit die Pumpen sicher anspringen, erfolgt das Einschalten erst dann, wenn das Laufrad unter Wasser steht. Bei normalem Zufluß genügt eine kleine Pumpe; steigt der Wasserspiegel trotzdem über den „Trockenwetter-Stauspiegel", dann springt auch die zweite kleine Pumpe an. Beide Pumpen werden durch den kleinen von Hand zu bedienenden Transformator gespeist. Bei noch größeren Wasserzuflüssen, z. B. bei starken Regenfällen, geht die erste große Pumpe in Betrieb, sobald das ansteigende Wasser der Pumpe zuläuft. Da jetzt aber der kleine Transformator nicht mehr ausreicht, nimmt er kurzzeitig erhöhten Strom auf. Dieser wird auf der Sekundärseite durch einen Stromwandler auf das Relais d übertragen, das im gleichen Augenblick den motorisch angetriebenen Ölschalter des großen Transformators in die Einschaltstellung bringt. Übersteigt der Wasserzufluß die Fördermenge der drei Pumpen, dann geht schließlich auch die vierte Pumpe in Betrieb. Die Belastung verteilt sich auf beide Transformatoren im Verhältnis zu ihrer Größe. Kommen bei abnehmendem Zufluß die großen Pumpen zum Stillstand, dann schaltet zur Vermeidung unnötiger Leerlaufverluste das erwähnte Relais den großen Transformator wieder ab. Dies ist wichtig, weil die großen Pumpen verhältnismäßig selten arbeiten.

Bei dem beschriebenen Pumpwerk werden mithin alle Vorteile und Neuerungen des Pumpenbaues und der Elektrotechnik ausgenutzt.

Derartige selbsttätige Antriebe sind für jede Leistung lieferbar.

a = Zuflußrohr, b = Sammelbehälter, c = Grundpumpe, d = Spitzenpumpe, e = Vertikalmotor, f = Selbstanlasser, g = Schwimmerrohre, h = Höchster Stauspiegel, i = Niedrigster Stauspiegel, k = Abflußrohre, l = Entlüftungspumpe, m = Entlüftungskessel, n = Transformator, o = Schalttafel, p = Ölschalter.

Bild 1. Selbsttätig arbeitendes Abwasserwerk.

a = Hochspannungs-sammelschienen, b = Ölschalter für Handbetätigung, c = 50 kVA Transformator, d = Einschaltrelais, e = Ölschalter mit elektromotorischem Antrieb, f = 160 kVA Transformator, g = Niederspannungs-Sammelschienen, h bzw. i = 40 bzw. 100 PS Pumpenmotor mit Selbstanlasser.

Bild 2. Schaltbild für ein selbsttätig arbeitendes Abwasserwerk.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Zentrale Energieerzeugung in der Industrie.

Mitteilung der AEG.

Man ist heute bestrebt, die Energie, die für die verschiedensten Zwecke benötigt wird, soweit wie möglich zentral zu erzeugen. In der Elektrizitätswirtschaft führte dieses Bestreben zum Bau der Großkraftwerke.

Die Ursachen der weitgehenden Zentralisierung liegen darin, daß große Anlagen wirtschaftlicher zu arbeiten vermögen als kleine Werke.

Die Wirkungsgrade der Maschinen wachsen mit ihrer Größe, die Personalkosten bleiben für die Maschineneinheit angenähert gleich, werden also, auf die Leistung bezogen, mit wachsender Maschinengröße prozentual kleiner. Sehr wesentlich ist, daß die spezifischen Anlagekosten, besonders für die Kohlentransport-Anlage, für die Kühlwasserkanäle und Maschinen mit steigender Leistung geringer werden. Außerdem können die Betriebsstoffe für große Kraftwerke meist billiger bezogen werden, als wenn die Kohle, das Öl oder dergl. an eine Anzahl kleinerer Werke abgegeben werden müßte.

In der Industrie ist man in gleicher Weise dazu übergegangen, die im Werk benötigte Energie zentral zu erzeugen[1]). In neuzeitlichen Werken werden fast alle Betriebsmaschinen elektrisch angetrieben. Der Einzelantrieb durch Dampfmaschinen wird immer seltener und wird sich nur für Sonderfälle, wie für Turbinen zum Antrieb von Holzschleifern[2]) und dergl., durchsetzen. Die elektrische Energie wird bei Industrieanlagen ohne Wärmebedarf für Heiz- und Kochzwecke von einer Überlandzentrale bezogen.

In Industrie-Anlagen mit einem nennenswerten Fabrikationsdampfbedarf wird man versuchen, die Dampf- und Elektrizitäts-Wirtschaft zu vereinigen und Wärme und Strom zentral zu erzeugen.

a = Kesselhaus
b = Turbinenhaus
c = Rohrleitungskanal
c_1 = Ausdehnungsschacht
c_2 = Verteilungsstrich in den Fabriken
d = Kühlwassereinlauf
e = Wasserlauf
f = Strom
g_1 = Textilwerk I
g_2 = Textilwerk II

Bild 2. Kleines Fernheizwerk für zwei Textilfabriken.

Da die Weiterleitung von Wärme auf größere Entfernungen nur unter Schwierigkeiten möglich und außerdem das Verhältnis der Anlagekosten einer Dampfanlage für die erzeugte kcal zu ihrem Verkaufswert sehr groß ist, so erscheint mit Rücksicht auf Konjunkturschwankungen in der Industrie ein Wärmeverkauf durch eine Zentrale, die zahlreiche Fabriken mit Dampf versorgt, zu gewagt.

Man muß daher in der Industrie dazu übergehen, elektrische Energie und Wärme in einem eigenen Werk zu erzeugen. Die wärmewirtschaftlichen Vorteile, die Turbinen mit Abdampfverwertung bringen, sind bekannt. Wesentlicher ist in den meisten Fällen, daß durch die zentrale Dampf- und Stromerzeugung in einem Werke die spezifischen Anlagekosten herabgesetzt werden, indem man die für die Dampferzeugung sowieso erforderlichen Kohlentransport-Vorrichtungen und Kessel gleichzeitig zur Stromerzeugung mit verwendet.

Die AEG hat als Berater und projektierender Ingenieur eine Anzahl von Heiz-Kraft-Zentralen für die Industrie gebaut.

Die Zentrale, die Bild 1 im Bau zeigt, liefert Trockendampf und elektrische Energie für ein Schwelwerk der Kohlen-Veredlungs-A.-G., Berlin. Im Werk sind Gegendruckturbinen und Bettington-Kessel für 25 atü Betriebsdruck aufgestellt.

Bild 1. Dampf-Kraft-Zentrale für ein Schwelwerk.

Den Situationsplan eines Heiz-Kraft-Werkes[3]), durch das zwei benachbarte Färbereien einer Textilfabrik mit Wasser, Dampf und Strom versorgt werden, zeigt Bild 2. Da das Heiz-Kraft-Werk so gelegen ist, daß der Kohlentransport und die Wasserversorgung sich einfach gestalten, arbeitet das Werk sehr wirtschaftlich. Außerdem ist die Entfernung beider Werke voneinander gering, so daß keine wesentlichen Kosten für das Verlegen der Rohre entstanden. Da beide Werke einer gemeinsamen Leitung unterstehen, können die Bahnstation und der Dampfbedarf untereinander abgestimmt werden.

---

[1]) s. Hilgers Richtlinien für Industriekraftwerke „Wärme" 1928, Heft 13, S. 215.

[2]) s. Krafft Der Turboantrieb von Holzschleifern „AEG-Mitteilungen" Heft 4, 1927.

[3]) s. Hilgers Fernheizwerke „Wärme" 1928, Heft 16, S. 306.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Zugbeleuchtung durch einen auf der Lokomotive aufgestellten Turbogenerator.

Mitteilung der AEG.

Erhöhung der Sicherheit und Bequemlichkeit, das sind in der Hauptsache die Forderungen, die der Reisende an die vielfach veralteten Einrichtungen der Kleinbahnen richtet. Bahnen, die diesen Ruf nicht verstehen, empfinden bald, daß Konkurrenzunternehmen ihre bisherige Monopolstellung untergraben, und daß viele Fahrgäste die Beförderung durch Autobusse und andere moderne Verkehrsmittel vorziehen.

Bild 1. Mit elektrischer AEG-Beleuchtung ausgerüstete 1D1-Lokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Zur Erfüllung der beiden obengenannten Forderungen trägt das elektrische Licht wesentlich bei. Die Lokomotive kann mit einem stark leuchtenden Scheinwerfer ausgerüstet werden, wodurch der Lokomotivführer das billigste und sicherste Mittel erhält, Signale und Unregelmäßigkeiten am Bahnkörper auch nachts rechtzeitig zu erkennen und das Herannahen des Zuges z. B. an unüberwachten Bahnübergängen auf größere Entfernung hin bemerkbar zu machen. Außerdem trägt eine gute und reichliche Beleuchtung der Wagen sehr zur Erhöhung der Annehmlichkeit einer Reise bei.

Ausschlaggebend für das einwandfreie Arbeiten der Lichtanlage ist die richtige Wahl des Stromerzeugers. Anlagen mit Achsdynamos, die bei D-Zügen zur Zufriedenheit arbeiten, lassen sich nicht ohne weiteres auf Kleinbahnen und Personenzüge übertragen. Diese Generatoren geben erst von einer gewissen Zuggeschwindigkeit an Strom ab, so daß Batterien die Beleuchtungsenergie bis zur Erreichung dieser Geschwindigkeit und während der Aufenthalte liefern müssen. Versuche haben ergeben, daß schon bei Personenzügen in dichtbevölkerten Gebieten die nötige Drehzahl des Generators nur verhältnismäßig selten und dann auch nur kurzzeitig erreicht wird. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei Kleinbahnen.

Es liegt daher nahe, die Stromversorgung der Lokomotive und des ganzen Zuges einem Turbogenerator zu übertragen, d. h. einer Stromquelle, die unabhängig von der Zuggeschwindigkeit und von den Haltezeiten ist. Solche Anlagen zeichnen sich durch Einfachheit, Billigkeit, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit aus und sind bei Kleinbahnen schon mehrfach mit bestem Erfolge ausgeführt worden.

Während bei der Zugbeleuchtung mit Achsdynamos Batterien unumgänglich nötig sind, kann man sie bei Beleuchtung von der Lokomotive aus entbehren, da der Turbogenerator die Stromversorgung ohne Unterbrechung übernimmt, vorausgesetzt, daß die Lokomotive nicht vom Zuge getrennt wird.

Eine solche Anlage baute z. B. die Oberschlesische Überlandbahnen G. m. b. H. ein. Sie rüstete ursprünglich nur ihre Lokomotiven mit elektrischer Beleuchtung aus. Da aber von den 500 W, die der Turbogenerator abzugeben imstande ist, nur etwa 110 W für die eigentliche Lokomotivbeleuchtung verwendet werden, lag es nahe, die restlichen 390 W zur Beleuchtung der Wagen heranzuziehen. Um auch größere Züge mit dieser verhältnismäßig geringen Leistung beleuchten zu können, wurden die Lampen in zwei Stromkreise zu je 4 und 2 Lampen je Wagen unterteilt, so daß bei Zugstärken von 12 Wagen 2 Lampen und bei kleineren Zügen 4 oder 6 Lampen je Wagen brennen.

Im allgemeinen wird man für die „durchgehende" Zugbeleuchtung Turbogeneratoren von 1,5 oder 3 kW verwenden. Diese werden, wie die kleinste Ausführung mit 500 W für diesen Zweck, sowie für Gruben, Dampfkrane, Schiffe usw. serienmäßig von der AEG hergestellt und können daher zu verhältnismäßig niedrigen Preisen und schnell geliefert werden. Vollkommener werden die Zugbeleuchtungsanlagen, wenn man im Packwagen oder an einer anderen geeigneten Stelle des Zuges eine Batterie unterbringt, die die Stromversorgung der Wagen übernimmt, wenn die Lokomotive abgekuppelt ist. Sie kann sehr klein sein, da sie verhältnismäßig selten in Tätigkeit tritt und wird am Tage von dem Turbogenerator geladen.

Es ist zu hoffen, daß das elektrische Licht im Bahnbetriebe zum Wohle des Reisenden wie des Zugpersonals bald allgemein eingeführt wird; seine Vorteile allen anderen Beleuchtungsmitteln gegenüber sind kurz zusammengefaßt: Billigkeit in Anschaffung und Unterhaltung, reichliche, saubere und geruchfreie Beleuchtung, keine Brand- und Explosionsgefahr, Einfachheit in der Bedienung, Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit. Die Bilder 1 und 2 zeigen einen auf dem Umlaufblech einer 1 D 1-Lokomotive der Deutschen Reichsbahn angebrachten AEG-Turbogenerator.

Bild 2. Ansicht des Turbogenerators L 0,5 X auf dem Umlaufblech einer Lokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektron-Guß- und -Preßteile.

Mitteilung der AEG.

Die AEG, die seit Jahren Guß- und Preßteile aus Elektron herstellt, hat neuerdings eine besondere große Elektron-Gießerei eingerichtet, die mit Rücksicht auf die Reinhaltung beider Legierungen von fremden Bestandteilen von der Aluminium-Gießerei völlig getrennt ist.

Die Neueinrichtung, die eine Fabrikation in weit größerem Umfange als bisher ermöglicht, trifft günstig zusammen mit dem Streben der Fahrzeugbau-Industrie, die Metallteile der Automobile, Flugzeuge, Eisenbahn-Fahrzeuge möglichst leicht zu gestalten, ohne die Festigkeit zu beeinträchtigen. Die AEG liefert außer Elektron-Sandguß auch Elektron-Preßteile, die sich, wie alle Preßteile, durch hohe Maßhaltigkeit, glatte Oberfläche, dichtes Gefüge und bei Massenbestellungen durch wirtschaftliches Herstellungsverfahren auszeichnen[1]).

Bild 1. Oberteil eines Elektron-Motorgehäuses.

Elektron-Guß wird die anderen von der AEG hergestellten Leichtmetall-Legierungen, die „Deutsche Legierung", die „Amerikanische Legierung" und Silumin[2]) nicht verdrängen, denn jede hat ihre besonderen Eigenschaften. Elektron wird mit seinem geringen spezifischen Gewicht von 1,8 bis 1,83 auch dort noch Raum für Leichtmetall schaffen, wo die anderen Leichtlegierungen mit einem spezifischen Gewicht von 2,6 bis 2,9 mit dem billigeren Gußeisen und mit Rotguß nicht in Wettbewerb treten können.

Die mechanischen Eigenschaften eines Sandguß-Probestabes der Elektron-Guß-Legierung AZG sind folgende[3]):

Elast. Grenze (0,03%) kg/mm²	Streckgrenze (0,2%) kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Dehnung %	Kontraktion %
rd. 5,5	10 bis 11	17 bis 20	3 bis 5	rd. 7
Druckfestigkeit kg/mm²	**Brinellhärte kg/mm²**	**Kerbzähigkeit cmkg/cm²**	**Scherfestigkeit kg/mm²**	**Dauerbieg. festigkeit kg/mm²**
rd. 33	53 bis 57	50	rd. 14	rd. 6,5

Von den physikalischen und chemischen Eigenschaften[4]) sind die folgenden für den Konstrukteur wichtig:

Wärme-Ausdehnungskoeffizient . . . 0,000023 bis 0,000027

Wärmeleitfähigkeit . . . . . $0{,}32 \dfrac{\text{cal}}{\text{cm. s. Grad}}$

Elastizitätsmodul . . . . . . 4000 bis 4600 kg/mm².

Elektronguß überzieht sich in der Atmosphäre mit einer dünnen Oxydschicht, die das Metall vor weiterer Korrosion schützt. Elektron ist gegen Laugen unempfindlich, löst sich aber in Säuren. Gegen Feuchtigkeit und Seewasser läßt sich das Metall durch Behandlung von Flußsäure schützen. Gegen Chloride ist es empfindlich, gegen Brennstoffe dagegen beständig. Ein guter Oberflächenschutz für Elektron-Gußteile wird durch Beizen in einem Gemisch von 15% Kalium oder Natrium-Bichromat und 20% konzentrierter Salpetersäure, Rest Wasser, erzielt. Auf dieser Schutzschicht läßt sich Elektron gut lackieren.

Die spezifischen Gewichte für Elektron und für die von der AEG gleichfalls hergestellten anderen Leichtmetall-Gußlegierungen sind:

Elektron	Deutsche Legierung	Amer. Legierung	Silumin
1,83	2,9 bis 2,95	2,85 bis 2,9	2,6

Nächst dem geringen spezifischen Gewicht ist die vorzügliche Schnitt-Bearbeitbarkeit des Elektrons für seine vielfache Verwendung ausschlaggebend. Der Kraftverbrauch beim Bohren von Elektron gegenüber Aluminium und Kupfer ist sehr gering, wie sich aus der folgenden Zusammenstellung[5]) ergibt:

Werkstoff	Lochtiefe mm	Vorschub mm je Umlauf	Schnittgeschwindigkeit je Umlauf m	U/min	Spitzwinkel Grad		Kraftverbrauch kW	
					Spiralbohrer	Al. Cu.-Bohrer	Spiralbohrer	Al. Cu.-Bohrer
Aluminium	50	0,2	108.5	3500	110	130	1,68	1,00
Elektron	30	0,3	108,5	3500	114	100	0,68	0,34
Kupfer	30	0,2	108	2000	114	140	1,80	1,22

Elektron wird im allgemeinen trocken bearbeitet, doch ist darauf zu achten, daß die Späne sofort in eisernen, verschlossenen Kästen gesammelt werden, da Elektron-Späne sich unter Umständen selbst entzünden. Sollte dieser Fall eintreten, so ist völlig trockener Sand ein sicheres Löschmittel. Massive Elektron-Teile entzünden sich nicht. Beim Schleifen und beim Bohren tiefer Löcher sowie beim Schneiden kleiner Gewinde und beim Schlichten von Drehteilen sind Kühlmittel nötig, und zwar gewöhnliches Wasser, dünnflüssiges Öl oder — beim Schleifen — Rohpetroleum. Bei Verwendung von Wasser als Kühlmittel sind die Werkstücke nachher in Petroleum gut abzuspülen[6]).

Anwendungsgebiete für Elektron-Gußteile und Preßteile sind in erster Linie der Flugzeugbau und der Automobilbau; ferner findet Elektronguß Anwendung für alle Apparate und Maschinen mit beschleunigten Massen, z. B. Textil-Maschinen, Werkzeug-Maschinen, Druckerei-Maschinen, Holzbearbeitungs-Maschinen. Bei photographischen Apparaten läßt sich durch Verwendung von Elektrongußteilen eine erhebliche Gewichtsersparnis erreichen.

Bild 2. Unterteil eines Elektron-Motorgehäuses.

Bild 1 zeigt den Ober- und Bild 2 den Unterteil eines Elektron-Motorgehäuses, das von der AEG für einen NAG-6-Zylindermotor hergestellt worden ist.

---

[1]) Anfragen sind zu richten an die AEG-Metallwerke Oberspree, Berlin W 56, Taubenstraße 21.

[2]) s. ZVDI 1927, Heft 19, S. 49.

[3]) Nach den Angaben des Werkstoff-Handbuches, Band Nichteisenmetalle, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im VDI.

[4]) Weitere Werte sind dem Werkstoff-Handbuch (Nichteisenmetalle) Blatt K 1/2 zu entnehmen.

[5]) Dem Werkstoff-Handbuch entnommen.

[6]) Die für die Bearbeitung von Elektron geeigneten Werkzeug-Formen sind in Nr. 107 der AWF-Normblätter festgelegt; zu beziehen vom Beuth-Verlag G.m.b.H., Berlin S 14, Dresdenerstr. 97.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Preßmaterial für nichtelektrotechnische Zwecke.

Mitteilung der AEG.

Die Preßmassen, welche die AEG als Isoliermaterial bekannter Qualität erzeugt, finden auch auf nichtelektrotechnischem Gebiete reiche Anwendungsgebiete.

Hier sind zunächst die geschichteten Materialien wie **Preßzell** und **Novotext** zu nennen. Besonders das Novotext, das von der AEG hergestellte Hartgewebe, ist durch eine Reihe vorzüglicher Eigenschaften ausgezeichnet, die ihm innerhalb kurzer Zeit große Verbreitung gewonnen haben. Neben seiner ursprünglichen Verwendung als Zwischenrad im Steuergetriebe von Automobilen, Werkzeugmaschinen u. a. nutzt man jetzt auch die vorzüglichen mechanischen Festigkeiten in der Textilindustrie für Pikker aus. Ferner eignet sich Novotext auch als Unterbrechernocken und Hebel für Zündapparate, als wärme- und ölbeständige Dichtungsscheibe für Apparate, als Knüppel usw. Auch Preßzell, das Hartpapier der AEG, zeichnet sich neben seinen vorzüglichen elektrischen Eigenschaften durch hohe mechanische Festigkeit aus, dazu besitzt es die Eigenschaft, ölbeständig zu sein und Temperaturen über 100° anstandslos zu ertragen. Es wird deshalb gern als Baustoff und nicht nur als Isolator im Transformatoren- und Ölschalterbau verwendet.

Bild 1. Teto-Flaschenspule aus Tenalan (M:1:2,5).

Auch die **gummifreien Preßmassen der AEG**, bekannt unter den Namen **Tenacit** und **Tenalan**, haben in neuester Zeit große Verbreitung auf nichtelektrotechnischem Gebiet erlangt. Besonders die Textilindustrie verwendet jetzt in großem Umfange die Teto-Flaschenspule (Bild 1, DRGM.) aus Tenalan. Als Vorzug gegenüber den bisher verwendeten Holz- oder Metallspulen ist folgendes besonders hervorzuheben: Neben hoher Festigkeit mit harter, glatter Oberfläche hat Tenalan hohe Wärmebeständigkeit, ferner ist Tenalan nicht hygroskopisch; ein Aufquellen der Spulen wie bei Holz kommt also nicht in Frage, dazu kommt die völlige Unempfindlichkeit gegen Säuren. Auch das geringe spezifische Gewicht ist als sehr vorteilhaft zu erwähnen. Auf Grund dieser vorzüglichen Eigenschaften verwendet man jetzt auch Tenalan für die „Teto"-Fadenbremsrolle (Bild 2, DRGM.). Während sonst ein mehrfaches Abdrehen der Bremsrollen nötig war, was ein Unbrauchbarwerden der Rolle nach kurzer Zeit zur Folge hatte, ist dies wegen der Härte der Oberfläche des Tenalan nicht mehr erforderlich; aus dem gleichen Grunde wird auch das Reißen und Einschneiden des Fadens vermieden. Auch in anderen Industrien wird Tenalan bzw. Tenacit gern verwendet, z. B. als Material für Staubsauger-Handgriffe, für Möbeluntersätze, für Stehlampenfüße, für Aschenbecher mit eingedrückter Firmenbezeichnung, als Reklameartikel, für Messergriffe, Tintenfaß-Deckel und viele ähnliche Zwecke.

Bild 2. Teto-Fadenbremsrollen aus Tenalan (M:1:2).

Bild 3. Filtertrommel mit säurefester Ebonit-Auskleidung.

Schließlich sei noch auf die Verwendung **der gummihaltigen Isolierstoffe** der AEG, wie Hartgummi, Stabilit, Eisengummi, Vulkanasbest, für nichtelektrotechnisches Material aufmerksam gemacht. Die absolute Widerstandsfähigkeit von Hartgummisorten besonderer Zusammensetzung (Ebonit) gegen Säuren und Alkalien hat dieses Material in der chemischen Industrie weitgehend sowohl für Rohrleitungen, Krümmer, Hähne, Ventile, Platten und Streifen als auch zur Auskleidung von Rohren, Armaturteilen, Kesseln, Filtertrommeln eingeführt (Bild 3 und 4). Ferner eignet sich Hartgummi auch infolge seiner Beständigkeit gegen Seewasser zum Umkleiden von Schiffswellen. Die Zähigkeit und Elastizität haben Hartgummi zur Verwendung für Kämme, Rasiermesser-Schalen, Griffe für Telephonapparate, Rädchen fahrbarer Staubsauger und für Artikel für die chirurgische und optische Industrie als geeignet erwiesen.

Bild 4. Kessel mit säurefester Ebonit-Auskleidung.

Die Weichgummi-Materialien werden in großem Umfange wegen ihrer hohen Elastizität in der Autoindustrie für Kardankupplungen, Lamellen-Gelenkscheiben und Bremskupplungen verwendet.

Schließlich sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, Metallteile in die Preßmassen miteinzupressen. Hierdurch lassen sich viele Konstruktionen, die nachher Montage-Arbeit sparen, zuwege bringen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die Gegendruckturbine in der neuzeitlichen Kraftwirtschaft

Mitteilung der AEG.

Kondensationsturbinen sind selbst in höchstwertiger Bauform mit den unvermeidlichen großen Wärmeverlusten belastet, die beim Niederschlagen des Dampfes im Kondensator entstehen. Kann man diese Verluste dadurch vermeiden, daß man den Abdampf in wärmeverbrauchenden Industrien oder zur Heizung eng besiedelter Wohngegenden weiter verwertet, so wird das Arbeitsvermögen des Frischdampfes, von den geringen mechanischen, elektrischen und Strahlungsverlusten abgesehen, restlos ausgenutzt. Diese Erkenntnis hat in dauernd zunehmendem Umfang zu einer Zusammenfassung der Kraft- und Wärmewirtschaft geführt, an deren ausgezeichneten wirtschaftlichen Erfolgen insbesondere die Gegendruck-Dampfturbine hervorragenden Anteil hat.

Bild 1. Eingehäusige Gegendruckturbine im Kraftwerk eines Farbwerkes. N = 1600 kW; n = 3000 U/min.

Lange Zeit hindurch hat man fast ausschließlich einstufige Gegendruckturbinen mit oder ohne Geschwindigkeitsabstufung gebaut, deren an sich verhältnismäßig hoher spezifischer Dampfverbrauch sich bei verschiedenen Belastungen nur wenig ändert. Ein Sonderfall ist die einstufige Gegendruckturbine mit hoher Drehzahl für kleine Leistung bei hohem Dampfdruck. Die einstufigen Gegendruckturbinen der AEG, denen die nunmehr 25jährigen Spezialerfahrungen dieser Firma zugutekommen, stehen auf einer hohen Stufe technischer Vollkommenheit.

Ist das mittlere Dampfdurchsatzvolumen des Arbeitsdampfes groß genug, um bei richtig gewählter Drehzahl für eine vielstufige Turbine ausreichende Schaufellängen zu ermöglichen, so kann auch eine Gegendruckturbine kleiner Leistung (unter 1000 kW) einen hohen inneren Wirkungsgrad haben.

Vielstufige Gegendruckturbinen kleiner und mittlerer Leistung werden von der AEG im allgemeinen als Gleichdruckturbinen in Scheibenbauart ausgeführt. Die in Bild 1 dargestellte eingehäusige Gegendruckturbine von 1600 kW und 3000 U/min arbeitet mit Frischdampf von 14 atü, 300 ° gegen einen Druck von 4,5 atü. Bei Abnahmeversuchen wurde an einer derartigen Turbine eines chemischen Werkes bei Vollast ein Wirkungsgrad von 81 vH an der Turbinenkupplung festgestellt. Weitere Turbinen der gleichen Bauart sind für namhafte Werke der Zuckerindustrie geliefert worden und haben sich stets bewährt.

Ist das verfügbare Wärmegefälle groß und die Dampfdurchsatzmenge nicht zu starken Schwankungen unterworfen, so sind mitunter auch zweigehäusige Gegendruckturbinen zweckmäßig. Zwei derartige Turbinen wurden z. B. von der AEG für eine mitteldeutsche Farben- und Filmfabrik gebaut; jede leistet 3200 kW bei 3000 U/min und Dampfverhältnissen von 18 atü, 350 ° vor und 0,7 atü hinter den Turbinen. Bei den Abnahmemessungen wurden Wirkungsgrade von 84 vH bei voller Leistung festgestellt, Werte, die in Anbetracht der verhältnismäßig kleinen Leistung recht bemerkenswert sind.

Zur Regelung von Gegendruckturbinen eignet sich nur die Füllungs- oder Düsenregelung, die daher von der AEG stets verwendet wird. Da man eine Gegendruckturbine nur nach der Leistung oder nach der Dampfmenge regeln kann, kommen für ein Industriewerk mit reinem Gegendruckbetrieb nur diese zwei Fälle vor.

Bei der Regelung nach der Dampfmenge verändert sich die Leistung mit der Dampfmenge; die Drehzahl muß durch Parallelarbeiten des Generators mit einem fremden Stromnetz konstant gehalten werden. Sinkt die Dampfmenge soweit ab, daß die erforderliche Leistung nicht mehr gewonnen werden kann, so muß der fehlende Strom dem Netz entnommen werden. Auf der anderen Seite kann natürlich überschüssiger, aus Fabrikationsdampf erzeugter Strom zu billigen Preisen abgegeben werden. In der Lausitzer Braunkohlen-Industrie sind die ersten Versuche in größerem Maßstabe gemacht worden, den billigen Überschußstrom zur öffentlichen Stromversorgung heranzuziehen. Bild 2 zeigt eine der eingehäusigen, von der AEG für diesen Zweck erbauten 10 000 kW Gegendruckturbinen. Das Gegenstück dazu wäre ein Werk mit großem Leistungsbedarf, das die über seinen eigenen Bedarf hinaus anfallende Abdampfmenge unter vorteilhaften Bedingungen verkauft; hierzu sind die städtischen Heizkraftwerke zu zählen. Zweifellos ist diese heute erst in ihren Anfängen stehende Entwicklung wärme- und volkswirtschaftlich sehr bedeutungsvoll und aussichtsreich.

Die Regelung nach der Leistung ist dann am Platze, wenn jederzeit mehr Dampf gebraucht wird, als der Leistung entspricht. Dampf, den die Fabrikation über die Mengen hinaus erfordert, die durch die Turbine gehen, wäre durch Drosselventile unmittelbar aus den HD-Kesseln oder aus besonderen ND-Kesseln den Verbrauchern zuzuführen.

Gegenwärtig sind die sogenannten Vorschaltturbinen von großer Wichtigkeit, ihrer Art nach Gegendruckturbinen, die bei einer Erhöhung des Kesseldruckes größerer Anlagen zwischen den neuen HD-Kesseln und dem Dampfnetz der bisherigen Anlage eingeschaltet werden. Auch auf diesem noch verhältnismäßig unerforschten Gebiete hat die AEG führende Entwicklungsarbeit geleistet.

Bild 2. Eingehäusige Gegendruckturbine im Kraftwerk einer Braunkohlen-Brikettfabrik. N = 10 000 kW; n = 3000 U/min.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS“, Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING“ D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Preßluft-Entöler D.R.P.

Entöler

Vorwärmer

Bühring A.-G.
Landsberg (Bz. Halle)

ABDAMPF-ENTÖLER

Ölfang-Flanschen als Zwischenflanschen oder zum Annieten usw.

DRP a.

R. Scheibe & Söhne
G. m. b. H.
Leipzig, Hohe Str. 15

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

ABDECKPLATTEN

Lichtschachtgitter

Fußreiniger

Schnellste Lieferung ab Lager

Tezett-Werk
Berlin-Tempelhof 111
Größtes und ältestes Spezialwerk

ABDECKUNGSROSTE

Fußreiniger

Fr. Engelmann, Jena-Au
Liste B 27 gratis

ANSTREICH-MASCHINE TVG

für Oel- und Wasserfarben

Technische Verkaufsgesellschaft
Duisburg

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

ARMATUREN

Absperr-Organe
Schmierapparate jeder Art
für alle Zwecke

Gustav Gulde G. m. b. H.
Armaturenfabrik
Ludwigshafen a. Rhein 8

ARMATUREN

KSB

Dampfventile aller Art

Höchstdruckventile bis 100 at.

Klein, Schanzlin & Becker
A.-G., Frankenthal (Pfalz)

ARMATUREN

für
Hochdruck u. Heißdampf

— Parallel-Schieber —
— Geschmiedete Ventile —

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken
Kein Zoll!

ARMATUREN

Spezialität:
Armaturen und Schmierapparate sowie Zubehör in den verschiedenst. Ausführungen und für jeden Verwendungszweck.

Otto Schaaf
Armaturen- und Metallwarenfabrik, Metallgießerei
Böhlitz-Ehrenberg

AUFZÜGE

modernster Bauart
mit Treibscheiben und Feineinstellung D.R.P. 441242
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig W 32

AUFZÜGE

Gegr. ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE

Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A.-G
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Original Kühnscherf-Söhne Aufzüge

Aug. Kühnscherf & Söhne
Dresden-A. 1. V.

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt

AUFZÜGE

für Personen und Lasten
Paternoster-Werke

Losenhausenwerk
Düsseldorf. Gegr. 1880

LW

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (55 mm) Mk. 27.72 netto pro Einschaltung

AUFZÜGE

jeder Art, **Verdunkelungen** für Hörsäle

SK

Schmidt, Kranz & Co.
Nordhäuser Maschinenfabrik A.-G.
Nordhausen a. H.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrische Schleppzeuge und Gleisplattformwagen.

Mitteilung der AEG.

Ein großer Teil der Betriebsunkosten eines Werkes fällt auf das Förderwesen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn der wirtschaftlichen Gestaltung des Förderbetriebes nicht genügend Aufmerksamkeit gewidmet wird. Durch Einstellen geeigneter Betriebsmittel kann dieser Übelstand wesentlich behoben werden. Neben Elektrokarren, die für Leistungen bis zu 2,5 t Verwendung finden, kommen für Werke, die Anschlußgleise und eigene Gleise innerhalb des Betriebes haben, für größere Schlepplasten in erster Reihe elektrische Schleppzeuge und Gleisplattformwagen in Frage.

Bild 1. Schleppzeug Größe II im Fabrikbetrieb.

Elektrische Schleppzeuge sind für solche Betriebe geeignet, bei denen sich die Anschaffung einer Lokomotive nicht lohnt, wo also durch den täglichen Wagenumschlag eine Lokomotive nicht voll ausgenutzt wird.

Diese Schleppzeuge werden für Regelspur und für Schmalspur bis herunter zu 500 mm Spurweite gebaut. Die regelspurigen Schleppzeuge werden in zwei Größen, Gr. I und Gr. II (Bild 1) hergestellt, deren Bauart im wesentlichen die gleiche ist. Sie unterscheiden sich vor allem durch die Leistung. Gr. I kann auf wagerechter Strecke zwei beladene Güterwagen und Gr. II vier beladene Wagen = 100 t mit einer Geschwindigkeit von 3 km/h befördern. Bei geringeren Anhängelasten ist die Fahrgeschwindigkeit entsprechend größer (bis zu 6 km/h). Der Fahrbereich mit einer Batterieladung richtet sich gleichfalls nach der Anhängelast und beträgt bis zu 30 km.

Bild 2. Schleppzeug SS 3 für 500—800 mm Spur.

Die schmalspurigen Schleppzeuge werden in drei Größen SS 1 bis SS 3 gebaut. SS 1 und SS 2 für Spurweiten von 750 bis 1000 mm ähneln im Aufbau den regelspurigen Schleppzeugen Gr. I und Gr. II. Schleppzeug SS 1 kann auf wagerechter Strecke bis zu 30 t und SS 2 bis zu 50 t Anhängelast mit einer Geschwindigkeit von 3 km/h befördern. Wie bei den Schleppzeugen Gr. I und Gr. II ist auch hier bei geringeren Anhängelasten die Geschwindigkeit entsprechend größer. Der Fahrbereich beträgt je nach der Anhängelast bis zu 35 km. Für Spurweiten von 500 bis 800 mm kommt das Schleppzeug SS 3 (Bild 2) in Frage, das in seinem Aufbau wesentlich von den oben genannten Schleppzeugen abweicht. Dieses Fahrzeug kann auf wagerechter Strecke bis zu 25 t ziehen. Die Geschwindigkeit beträgt hierbei etwa 4 km/h. Bei geringerer Anhängelast steigt die Geschwindigkeit bis auf 7,5 km/h. Der Fahrbereich beträgt bei 20 t rund 7 km und bei 10 t Anhängelast 15,5 km.

Bedienung und Unterhaltung der Schleppzeuge sind äußerst einfach und können jedem Arbeiter anvertraut werden. Wo das Schleppzeug nur wenige Stunden am Tage in Betrieb ist, ist nicht notwendig, einen besonderen Führer anzustellen, die Bedienung kann vielmehr durch einen sonst mit anderen Arbeiten beschäftigten Mann erfolgen. Auch das Laden der Batterie erfordert keinerlei Kenntnisse und erfolgt im allgemeinen vollkommen selbsttätig. Die Betriebskosten sind sehr niedrig und die Ersparnisse gegenüber anderen Arbeitsmethoden so groß, daß sich die Anschaffung von Schleppzeugen schon in ganz kurzer Zeit bezahlt macht.

An Stelle der heute noch vielfach benutzten handgeschobenen Plattformwagen werden vorteilhaft elektrische Gleisplattformwagen (Bild 3) verwendet, die zur schnellen Beförderung von Stückgütern, Ersatzteilen oder schweren Werkstücken innerhalb des Werkes dienen. Diese Wagen werden den jeweiligen Betriebsverhältnissen angepaßt. Sie werden für jede Spurweite und für eine Belastung von 1 bis 30 t gebaut. Meist dürfte eine Ladefähigkeit von 3 bis 5 t genügen. Wenngleich diese Plattformwagen in erster Linie zum Tragen von Lasten bestimmt sind, so kommt doch häufig auch die Beförderung von Anhängewagen in Frage. Die Wagen werden dann mit einer Zug- und Stoßvorrichtung versehen, die derjenigen der anzuhängenden Wagen entspricht. Im allgemeinen werden die Plattformwagen von Hand oder unter Benutzung eines Krans beladen und entladen. Dies bietet keinerlei Schwierigkeiten, solange die Wagen nur in Werkstätten oder auf Werkhöfen laufen, wo Krane fast überall vorhanden sind. Sollen die Wagen jedoch unabhängig davon sein und an jeder Stelle einer weit verzweigten Gleisanlage beladen werden können, wie dies z. B. im Braunkohlenbergbau, auf entfernt liegenden Lagerplätzen und in Außenbetrieben der Fall ist, so werden sie mit einem schwenkbaren Kran für 500 bis 2000 kg Nutzlast ausgerüstet. Für die Beförderung von Kohle, Kies oder dergl. werden die Wagen mit Kippmulden ausgerüstet. Die Bemessung der Antriebsmotoren und Batterien richtet sich nach der verlangten Förderleistung. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt im allgemeinen 7 bis 10 km/h. Die Wagen sind an einem Ende mit einem Führerstand versehen, von dem aus der Führer den Wagen leicht steuern kann. Was über die Schleppzeuge in bezug auf Bedienung und Unterhaltung gesagt ist, bezieht sich im gleichen Maße auch auf die Gleisplattformwagen.

Bild 3. Elektrischer Gleisplattformwagen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

ABDAMPF-ENTÖLER

nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G. m. b. H.
Leipzig, Hohe Str. 15

ABDECKPLATTEN

Lichtschachtgitter
Fußreiniger

Schnellste Lieferung ab Lager

Tezett-Werk
Berlin-Tempelhof 111
Größtes und ältestes Spezialwerk

ABDECKUNGSROSTE

Fußreiniger

Fr. Engelmann, Jena-Au
Liste B 27 gratis

ANSTREICH-MASCHINE TVG

für Oel- und Wasserfarben

Technische Verkaufsgesellschaft
Duisburg

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

ARMATUREN

Absperr-Organe
Schmierapparate jeder Art
für alle Zwecke

Gustav Gulde G. m. b. H.
Armaturenfabrik
Ludwigshafen a. Rhein 8

ARMATUREN

für alle Zwecke

Heinrich ter Jung, Metallwaren- und Maschinenfabrik G. m. b. H.,
Mülheim-Ruhr.

ARMATUREN

für
Hochdruck u. Heißdampf

— Parallel-Schieber —
— Geschmiedete Ventile —

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H. Saarbrücken
Kein Zoll!

ARMATUREN

Spezialität:
Armaturen und Schmierapparate sowie Zubehör in den verschiedenst. Ausführungen und für jeden Verwendungszweck.

Otto Schaaf
Armaturen- und Metallwarenfabrik, Metallgießerei
Böhlitz-Ehrenberg

AUFZÜGE

modernster Bauart
mit Treibscheiben und Feineinstellung D.R.P. 441242
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer - Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m.b.H., Maschinenfabr.
Leipzig W 32

AUFZÜGE

Gegr. ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge,

Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Original Kühnscherf-Söhne Aufzüge

Aug. Kühnscherf & Söhne
Dresden-A. 1. V.

AUFZÜGE

jeder Art und Größe
Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt

AUFZÜGE

für Personen und Lasten
Paternoster-Werke
Losenhausenwerk
Düsseldorf. Gegr. 1880

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (55 mm) Mk. 27.72 netto pro Einschaltung

---

AUFZÜGE

SK

jeder Art,
Verdunkelungen
für Hörsäle

Schmidt, Kranz & Co.
Nordhäuser Maschinenfabrik A.-G.
Nordhausen a. H.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Turbogenerator L 0,5 X für die elektrische Beleuchtung von Dampflokomotiven.

Mitteilung der AEG.

Der AEG-Turbogenerator L 0,5 X für die elektrische Beleuchtung von Dampflokomotiven (Bild 1) hat infolge der Güte seiner Baustoffe, der Einfachheit im Aufbau, seiner Zuverlässigkeit, seines geringen Dampfverbrauches und nicht zuletzt durch seinen niedrigen Preis eine schnelle Verbreitung und günstige Aufnahme in der ganzen Welt gefunden. In der kurzen Zeit seit Aufnahme der Fabrikation ist diese elektrische AEG-Beleuchtung schon in 17 Ländern, die sich auf 4 Erdteile verteilen, für Lokomotiven in Benutzung genommen worden. Zahlreiche Staats- und Kleinbahnen haben ihre Lokomotiven mit dieser zeitgemäßen Lichtquelle ausgestattet.

Das sich ständig vergrößernde Absatzgebiet ermöglicht es, diese kleinen Maschinen in Serien aufzulegen, welche die Anwendung zeitgemäßer Fabrikationsmethoden gestatten. Wenn auch amerikanische Firmen derartige Maschinen schon zu Tausenden herstellen, so wird es doch möglich sein, mit diesen Erzeugnissen erfolgreich auf dem Weltmarkte in Wettbewerb zu treten, vorausgesetzt, daß von einer Unterteilung der Herstellung in vielen Firmen abgesehen wird. Dieser Klein-Turbogenerator muß ein Massenerzeugnis werden, das in Fließarbeit hergestellt wird, die vor allem eine Verbilligung zu bringen vermag, ohne die bisherige Güte zu beeinträchtigen. Im Gegenteil verlangt der Aufbau der Aggregate äußerste Präzisionsarbeit, um den scharfen Ansprüchen eines zeitgemäßen Eisenbahnbetriebes zu genügen.

Schon jetzt werden alle Teile mit Hilfe von Zeit und Arbeit sparenden Vorrichtungen und Maschinen auf äußerste Genauigkeit bearbeitet. Einzelne Teile verlangen, um ein einwandfreies Arbeiten des Aggregates zu gewährleisten, eine Genauigkeit von $^1/_{100}$ Millimeter. Zur Erreichung einer größtmöglichen Betriebssicherheit sind alle Teile, vor allem die der Zentrifugalkraft unterworfenen, mit vielfacher Sicherheit gebaut und befestigt. So werden z. B. die Turbinenschaufeln nicht nur mit Stiften eingesetzt und durch einen Schrumpfring gesichert, sondern noch nach einem der AEG patentierten Verfahren hart eingelötet. Dementsprechend sind auch bei der Wahl der Baustoffe keine Kosten gescheut worden, sofern durch Verwendung wertvollerer Baustoffe eine Vergrößerung der Betriebssicherheit zu erwarten ist. So finden wir vor allem in den Regelorganen eine reiche Verwendung von nichtrostendem Stahl und Monelmetall.

Bild 1. Turbogenerator L 0,5 X auf einer 1 E-Einheitslokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Um die Energie des Dampfes möglichst ganz auszunutzen, d. h. den Dampfverbrauch so niedrig wie möglich zu halten, wird der Dampf, nachdem er die Tur-

Bild 2.
Wandertisch für den Zusammenbau der Generatoren. VGN 5 spez.

binenschaufeln durchströmt hat, ein zweites Mal auf das Rad gelenkt. Die hierfür verwendete Umkehrschaufel besteht aus Bronze. Der Dampfkanal wird eingegossen und sauber nachgearbeitet.

Als Generator ist eine normale, bewährte Serienmaschine genommen worden, an der für den rauhen Lokomotivbetrieb einige Änderungen vorgenommen worden sind. So erhalten sie besonders für den Bahnbetrieb konstruierte Kohlehalter, verstärkte Lager und besondere Lagerschilde. Der elektrische Teil des Maschinensatzes wird auf dem Wandertisch zusammengebaut (Bild 2).

Die Lichtmaschinen werden einem 8stündigen Probebetrieb auf dem Prüffelde unterzogen, bevor sie ihrer Verwendung zugeführt werden. Im Prüffeld wird ein genaues Protokoll der Regulierfähigkeit jeder Maschine angefertigt. Als Versuchsreihen werden die Abhängigkeit von Drehzahl und Spannung von der Belastung und dem Dampfdruck aufgenommen. Hierbei darf die Spannungsschwankung zwischen Leerlauf und Vollast und zwischen 5 und 16 atü den Wert von 3 % nicht übersteigen. Selbst diese an sich schon geringe Schwankung wird bei konstanter Temperatur in der Regel nicht erreicht.

Nach erfolgter Prüfung werden alle Teile der Turbine durch einen besonderen Anstrich gegen Witterungseinflüsse geschützt.

Der in allen Teilen als einwandfrei befundene Turbogenerator L 0,5 X kann jetzt den Kampf mit der Dunkelheit, dem größten Feinde der Sicherheit im Bahnbetriebe, aufnehmen und die veralteten Beleuchtungsmittel verdrängen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrische Wärmebehandlung von Stahl.

Mitteilung der AEG.

Je nach dem Kohlenstoffgehalt ist die Wärmebehandlung des Stahles eine verschiedene. Die Umwandlungs- oder Haltepunkte, bei denen die den Härtegang bedingenden Gefügeveränderungen eintreten, liegen bei den gewöhnlichen Werkzeug- oder Kohlenstoff-Stählen (0,6 bis 1,5 % Kohlenstoff) je nach dem Kohlenstoffgehalt zwischen 750 und 850 °. Bei Legierungs- oder Schnellstahl liegt der Umwandlungs- oder Haltepunkt infolge der dem Stahl beigegebenen Zusätze an Wolfram, Chrom, Vanadium, Molybdän usw. etwa zwischen 1100 und 1300 °.

Bild 1. Spiralbohrer. ungehärtet — gehärtet

In erster Reihe interessiert natürlich die Wärmebehandlung des Stahles beim Härten, Glühen, Aufkohlen (Zementieren) und Anlassen. Wie sich durch das Erwärmen und schnelle Abschrecken des Stahles das kristallinische Gefüge in das charakteristische samtartige Feingefüge umwandelt, ist deutlich aus Bild 1 zu erkennen, das den Bruch und Schliff des gleichen Spiralbohrers vor und nach dem Härten zeigt.

Die Art der Erwärmung des Stahles ist maßgebend für den Erfolg des jeweils gewünschten Härtezustandes. Je gleichmäßiger die Erwärmung erfolgt, je genauer die von den Stahlwerken vorgeschriebene Temperatur eingehalten wird, um so sicherer wird der gewünschte Härtezustand des Werkzeuges bzw. Konstruktionsstahles erreicht werden. Alle nicht elektrischen Erwärmungsverfahren stellen an die Beobachtung der jeweils gewünschten Erwärmung sehr hohe Ansprüche, und man ist hier von der Geschicklichkeit, Erfahrung und Gewissenhaftigkeit des bedienenden Personals abhängig. Anders ist das bei den neuen elektrischen Erwärmungsverfahren, welche die Einstellung einer beliebigen Temperatur zulassen, da der elektrische Strom den Vorteil der feinstufigen Reglung hat. Die in den elektrischen AEG-Glühöfen (Bild 2) erzeugte Wärme kann direkt auf das Glühgut strahlen, da keine Muffel vorhanden ist, d. h., die Widerstandswendel vollkommen frei liegen.

1 = Glühraum, 2 = Wendel, 3 = Beschickungstür, 4 = Türhebelvorrichtung, 5 = Temperaturregler, 6 = Schütze, 7 = Relais usw. für Temperaturregelung.

Bild 2. Elektrischer Kleinglühofen.

Im Gegensatz zu den Glühöfen gestatten die AEG-Elektro-Salzbadöfen (Bild 3), die elektrische Energie direkt im Salzbad in Wärme umzuformen, die unmittelbar auf das in das leitende Salzbad zum Härten eingetauchte Arbeitsstück einwirkt. Infolge ihrer außerordentlich schnellen Wärmeübertragung eignen sich diese Öfen für eine hohe stündliche Leistung. Ein besonderer Vorteil der Salzbadöfen ist, daß die Erhitzung des Härtegutes unter Luftabschluß vor sich geht. Beim Herausnehmen aus dem Bad bleibt eine dünne Salzhaut auf dem Härtegut und schützt so das erhitzte Gut gegen Einflüsse der Luft. Beim Abschrecken in Wasser oder Ölbad springt zunächst diese Haut ab, so daß das Härtegut völlig blank dem Abschreckbad entnommen werden kann. Auch eine teilweise Erhitzung des Härtegutes, wie sie für Drehstähle, Spiralbohrer usw. in Frage kommt, läßt das elektrische Salzbad auf einfache Weise zu; für die Sparwerkzeuge, bei denen nur die schneidenden Kanten aus hochwertigem Stahl hergestellt sind, eignet sich dieses Verfahren ebenfalls besonders gut.

Da die elektrischen Salzbadöfen in der Größenwahl beschränkt sind, baut die AEG für Öfen größerer Abmessungen die oben erwähnten elektrischen Glühöfen mit Widerstandsheizung durch Chromnickel-Material in 14 Normalausführungen von 6 bis 100 kW für Gleich- und Wechselstrom.

Außer normalen Kleinglühöfen baut die AEG auch den jeweiligen Verhältnissen angepaßte Sonderöfen, als Lang-, Rund- oder Wanderöfen, bei denen die Gebrauchstemperatur jedoch auf 950 ° beschränkt ist. Sie eignen sich insbesondere zur Behandlung von Kohlenstoffstahl, aber auch zum Brennen emaillierter Gegenstände.

1 = Regulier-Transformator, 2 = ⅄ △-Schalter, 3 = Elektroden, 4 = Abzugshaube, 5 = Salzbad.

Bild 3. Erwärmungsprinzip des AEG-Salzbadofens zum direkten Anschluß an Drehstrom.

Die Hauptvorzüge der elektrischen AEG-Glühöfen sind:

- Genaueste und automatische Einstellung der gewünschten Glühtemperatur und hoher thermischer Nutzeffekt;
- vollständige Durchwärmung des Glühgutes, daher bessere Qualität des Erzeugnisses;
- Erwärmung nur durch gleichmäßige Bestrahlung und Reflexion von den Wänden und nicht durch überhitzende und zündende Stichflammen;
- sicherer und sauberer Betrieb, leichte und angenehme Bedienung, da nur wenig Wärme nach außen ausstrahlt und Rauchbildungen und Verbrennungsgase in der Werkstatt vermieden werden;
- Raumersparnis, da Durchwärmung schneller erfolgen kann als in anderen Öfen und keine Verbrennungskammern erforderlich sind.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Turbinen mit Zwischendampfentnahme.

Mitteilung der AEG.

Der Entwicklung der Anzapf- und Gegendruckturbinen, der hauptsächlichen Kraftmaschinen moderner Industriewerke, hat die AEG seit je ihre besondere Aufmerksamkeit zugewendet und verfügt daher auf diesem Gebiete über besonders große Erfahrungen. Anzapfturbinen, d. h. Turbinen mit Zwischendampfentnahme,

a = Drehzahlregler, b = Drucklager, c = Frischdampf, d = Anzapfreglung, e = Abdampf, f = Anzapfdampf.

Bild 1. Schnitt durch eine eingehäusige AEG-Anzapfturbine; N = 3600 kW, n = 3000 U/min.

werden von der AEG heute im wesentlichen nach den folgenden Richtlinien gebaut.

Die Anzapfturbine mit gesteuerter Anzapfstelle besteht aus einem HD- oder Gegendruckteil und einem ND-Teil, der den verbleibenden Dampf bis auf hohe Luftleere verarbeitet und durch eine besondere Regelung gesteuert wird. Hierbei ist es grundsätzlich gleichgültig, ob der HD-Teil ein- oder mehrstufig und ob die Maschine ein- oder mehrgehäusig ist. Auf den Aufbau ist hauptsächlich die Gesamtdampfmenge von Einfluß, sowie die Größe der beiden Teil-Wärmegefälle, ferner der verlangte Wirkungsgrad und die Größe und der zeitliche Verlauf der Schwankungen der Fabrikationsdampfmenge, die den Gegendruckteil durchsetzt. Die Steuerung des HD-Teiles, also die gesamte Dampfmenge, und ebenso die Dampfmenge, die nach dem ND-Teil strömt, stehen unter dem Einfluß des Fliehkraftreglers und des Druckreglers.

Bild 1 zeigt eine normale AEG-Anzapfturbine zeitgemäßer Bauart für mittlere Leistung und Dampfverhältnisse. Bei insgesamt etwa 28 000 kg/h Dampfdurchsatz im Gegendruckteil und 15 000 kg/h Anzapfung bei 1,5 atü leistet die Turbine 3600 kW bei 3000 U/min. Die Turbine ist eingehäusig, der Gegendruckteil hat ein zweikränziges Geschwindigkeitsrad, der Kondensationsteil ein einkränziges Gleichdruckrad als Regelstufe. Beide Regelstufen sind teilweise beaufschlagt. Die beiden Teile der Turbine bestehen aus einer mäßigen Anzahl von Gleichdruckstufen, deren Scheiben im Gegendruckteil aus dem Läuferkörper herausgeschnitten, im Kondensationsteil ihres größeren Durchmessers wegen als besondere Scheiben auf die Welle aufgezogen sind. Die beiden Teile sind durch einen Zwischendeckel mit mehreren Steuerventilen voneinander getrennt.

Für größere HD-Gefälle und nicht zu stark schwankenden Heizdampfbedarf werden die Anzapfturbinen häufig zweigehäusig gebaut. Die Anzapfung erfolgt dabei zweckmäßig am Ende des HD-Teiles, von wo aus dann einzelne Dampfleitungen zu den Düsengruppen des Kondensationsteiles führen. Bild 2 zeigt eine derartige Turbine für 3200 kW und 3000 U/min in der Maschinenhalle eines mitteldeutschen Kaliwerkes. Der Gegendruckteil besteht aus einer einkränzigen Regelstufe und mehreren einfachen Gleichdruckscheiben, den Kondensationsteil bildet eine Überdrucktrommel hinter einer zweikränzigen Regelstufe. Die gesamten Regel-Einrichtungen einschließlich des Druckreglers für den Anzapfdampf sind auf dem Gegendruckteil angeordnet.

Anzapfturbinen für kleine Leistungen werden mit hoher Drehzahl von etwa 1000 kW an aufwärts mit 3000 U/min ausgeführt. In manchen Fällen kann es mit Rücksicht auf den verschiedenen Dampfdurchsatz der beiden Teile auch zweckmäßig sein, die einzelnen Turbinen einer zweigehäusigen Anzapfmaschine mit verschiedenen Drehzahlen arbeiten zu lassen, eine Anordnung, die durch ein dazwischen geschaltetes Zahnradgetriebe ohne Schwierigkeit verwirklicht werden kann. Da jeder Teil in dem für ihn günstigsten Drehzahlbereich arbeitet, ist der Wirkungsgrad der gesamten Turbine entsprechend gut. Ein weiterer Vorteil ist, daß das Getriebe, da es nur die Leistung der Gegendruckturbine zu übertragen hat, kleiner, leichter und billiger gehalten werden kann, als wenn es zwischen Turbine und Arbeitsmaschine eingeschaltet wäre, also die gesamte Turbinenleistung umformen müßte.

In einigen Fällen werden auch Anzapfturbinen mit zwei Anzapfstellen bei verschiedenen Drücken und einem Kondensationsteil gebaut, während in anderen Fällen die gleiche Aufgabe dadurch gelöst wird, daß eine Gegendruck- und eine Anzapfturbine parallel geschaltet werden, von denen die erste den Dampf für das eine, die letztgenannte für das zweite Fabrikationsdampfnetz liefert.

Für zahlreiche Betriebe, in denen Dampf- und Leistungsspitzen zu verschiedenen Zeiten auftreten, ist es vorteilhaft, zum gegenseitigen Ausgleich Dampfspeicher anzuwenden, wodurch zuweilen der Kondensationsteil erspart werden kann.

Bei regelmäßig oder durchschnittlich großer Anzapfmenge wird der Hauptteil der Leistung im Gegendruckteil erzeugt, so daß der Kondensationsteil für kleinere Dampfmengen bemessen werden darf, als wenn die gleiche Leistung im Betriebe ohne Anzapfung erreicht werden müßte. Grundbedingung ist, daß die Maschinen mit bestem Wirkungsgrad bei der durchschnittlich häufigsten Betriebsweise, d. h. zusammengehöriger Leistung und Anzapfung, entworfen und gebaut werden müssen, natürlich unter Berücksichtigung der größten Leistung und Anzapfung sowie auch der größten Leistung ohne Anzapfung. Es wird häufig verlangt, daß eine Anzapfmaschine auch bei reinem Kondensationsbetrieb die volle Leistung abzugeben imstande ist, selbst wenn dieser Fall im Betrieb praktisch nie vorkommt, mit der Begründung, daß sich die Dampfgarantien im Kondensationsbetrieb

Bild 2. Zweigehäusige AEG-Anzapfturbine im Kraftwerk eines Kaliwerkes; N = 3200 kW, n = 3000 U/min.

leichter nachweisen lassen. Diese Erwägungen sollten jedoch nie maßgebend sein; die Maschinen sollten vielmehr stets nach den wirklich und am häufigsten vorkommenden Betriebsverhältnissen bestellt werden, da sich dann bei normalen Betriebsbedingungen bessere Wirkungsgrade ergeben.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Hauptschacht-Förderanlage auf der Sosnitzagrube der Oehringer Bergbau A.-G.

Mitteilung der AEG.

Im Februar 1928 ist auf dem Schacht II der Sosnitzagrube der Oehringer Bergbau A.-G. die zweite elektrische Hauptschacht-Fördermaschine in Betrieb genommen worden. Diese Fördermaschine ist mit allen für genaue Steuerung und für weitestgehende Sicherheit des Betriebes erforderlichen Apparaten und Einrichtungen ausgerüstet, so daß sie als die zur Zeit modernste Maschine ihrer Art anzusehen sein dürfte.

Entsprechend dem Streben nach größter Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit ist für die Maschine die bekannte Leonard-Schaltung gewählt worden, jedoch ist kein Schwungrad, also kein Ausgleich der Belastungsschwankungen, vorgesehen. Bedenken hiergegen bestehen nicht, da die Zentrale diese Schwankungen ohne Störungen übernehmen kann.

Damit eine möglichst weitgehende Reserve vorhanden ist, wird die neue Anlage mit der bereits seit etwa sieben Jahren auf Schacht I in Betrieb befindlichen Fördermaschine durch einen besonders für Fördermaschinen entwickelten Generalumschalter verbunden, so daß jeder Umformer auf jede Fördermaschine arbeiten kann. Alle erforderlichen Schaltungen des Hauptstrom- und des Sicherheitsstromkreises werden hierbei mit einer einzigen Schaltbewegung ausgeführt, so daß Falschschaltungen völlig ausgeschlossen sind.

Zur Maschine gehören folgende Sondereinrichtungen:

1. Verbesserung der Steuerung mit einer selbsttätigen Kompoundierungs-Einrichtung, deren wesentliche Teile der AEG geschützt sind. Durch diese Einrichtung wird insbesondere die Einfahrgeschwindigkeit in die Hängebank praktisch unabhängig von der geförderten Last, wobei es gleichgültig ist, ob Lasten eingesenkt oder gehoben werden. Die Sicherheit des Förderbetriebes wird hierdurch wesentlich erhöht.

2. Teufenzeiger in Verbindung mit dem von der Bergbehörde genehmigten Fahrtregler und mit vergrößertem Zeigerweg in der Nähe der Hängebank.

3. Eine Einrichtung, durch die während des eigentlichen Verzögerungsvorganges das Retardiergestänge starr ist. Es kann der Retardiervorgang nicht vom Maschinisten durch Zusammenpressen einer Feder im ungünstigen Sinne gestört werden, wodurch leider Betriebsunfälle hervorgerufen werden können. Dabei ist der Maschinist bei den an der Hängebank auszuführenden Manövern in keiner Weise behindert.

4. Eine Bremseinrichtung, die alle von der Bergbehörde gestellten Ansprüche in weitestem Maße erfüllt; dies gilt insbesondere für die Sicherheitsbremse, die als vollkommen stoßfrei arbeitende Schnellschlußbremse ausgebildet ist. Eine gleichzeitige Wirkung der Bremskräfte der Manövrier- und Sicherheitsbremse ist betriebsmäßig vollkommen ausgeschlossen. In besonderen Fällen ist es jedoch möglich, die Bremskräfte beider Bremsen zu addieren, was als ganz besonderer Vorzug in den Fällen anzusehen ist, in denen eine ausnahmsweise große einseitige Belastung vorhanden ist, wie z. B. beim eintrümigen Einhängen von Seil und Schale.

5. Eine Überwachungseinrichtung, welche die richtige Arbeitsweise sowohl der Fahrbremse als auch der Sicherheitsbremse erzwingt.

6. Eine Seilfahrtschaltung, die auch bei der von der Bergbehörde vorgeschriebenen Verminderung der Fördergeschwindigkeit bei Seilfahrt den vollen Steuerhebelweg ausnutzt. Hierdurch wird die Anfahrbeschleunigung und die Verzögerung auf einem für die Mannschaft zulässigen Wert gehalten; bekanntlich wird nicht die Höhe der Fördergeschwindigkeit, sondern nur die Geschwindigkeitsänderung unangenehm empfunden.

7. Eine Einrichtung, die beim Wandern oder Gleiten des Seiles auf der Treibscheibe den Teufenzeiger bei Stillstand der Schale und festgezogener Bremse stets richtig wieder einstellt. Richtigstellung von Hand ist hierbei nicht mehr erforderlich, so daß der Maschinist hierzu den Führerstand nicht zu verlassen hat. Die richtige Stellung der Schale an der Hängebank wird dem Maschinisten ohne Zutun des Anschlägers durch eine rote Lampe angezeigt.

8. Eine Schalteinrichtung, die vom Fahrbremshebel betätigt wird und bei angezogener Bremse das Fördermotorfeld zwecks Energieersparnis und Schonung der Maschine vollkommen abschaltet. Beim Lösen der Bremse wird zuerst das Motorfeld wieder voll eingeschaltet. Durch die Betätigung vom Fahrbremshebel ist eine unbedingte Gewähr gegeben, daß bei geschwächtem Motorfeld eine Bewegung der Maschine nicht möglich ist.

9. Eine Sicherheits- und Überwachungsschaltung, die in vollkommenster Weise das richtige Arbeiten der ganzen Anlage überwacht und die Sicherheitseinrichtungen bei Störungen irgendwelcher Art rechtzeitig zum Ansprechen bringt.

Fördermaschine mit Motor 750/1690 kW für 5000/7000 kg Last, 12 m/s.

Die Fördermaschine vermag in einem Zuge eine Nutzlast von max. 7000 kg mit 12 m/s Fördergeschwindigkeit aus 650 m Teufe zu ziehen. Das stündliche Fördergewicht beträgt hierbei 172 t.

Der Aufbau der Fördermaschine ist aus dem Bild zu erkennen.

Die Treibscheibe hat einen Durchmesser von 6 m; sie ist zwecks Auflegen des Seils verbreitert ausgeführt.

Die Fördermotorwelle ist mit der Treibscheibenwelle direkt gekuppelt. Der Motor hat eine Spitzenleistung von 2250 PS bei 38,2 U/min.

Zur Speisung des Fördermotors ist ein Umformer von 750 U/min vorgesehen, dessen Motor direkt an das 6000 V-Netz der Schlesische Elektricitäts- und Gas-Act.-Ges. (Breslau) angeschlossen ist.

Die maximal vom Umformer-Motor abzugebende Leistung beträgt 2700 PS.

Direkt mit dem Umformer ist auch die zur Erregung des Fördermotors, der Anlaßmaschine und der Hilfsapparate erforderliche Erregermaschine gekuppelt.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS“, Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

ABDECKPLATTEN

Lichtschachtgitter

Fußreiniger

Schnellste Lieferung ab Lager

Tezett-Werk
Berlin-Tempelhof 111
Größtes und ältestes Spezialwerk

ABDECKUNGSROSTE

Fußreiniger

Fr. Engelmann, Jena-Au
Liste B 27 gratis

ANSTREICH-MASCHINE TVG

für Oel- und Wasserfarben

Technische Verkaufsgesellschaft
Duisburg

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

ARMATUREN

Absperr-Organe
Schmierapparate jeder Art
für alle Zwecke

Gustav Gulde G. m. b. H.
Armaturenfabrik
Ludwigshafen a. Rhein 8

ARMATUREN

für alle Zwecke

Heinrich ter Jung, Metallwaren- und Maschinenfabrik G. m. b. H.,
Mülheim-Ruhr.

ARMATUREN

für

Hochdruck u. Heißdampf

— Parallel-Schieber —
— Geschmiedete Ventile —

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken
Kein Zoll!

ARMATUREN

Spezialität:
Armaturen und Schmierapparate sowie Zubehör in den verschiedenst. Ausführungen und für jeden Verwendungszweck.

Otto Schaaf
Armaturen- und Metallwarenfabrik, Metallgießerei
Böhlitz-Ehrenberg

AUFZÜGE

modernster Bauart
mit Treibscheiben und Feineinstellung D.R.P. 441242
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m.b.H., Maschinenfabr.
Leipzig W 32

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 85.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Original Kühnscherf-Söhne Aufzüge

Aug. Kühnscherf & Söhne
Dresden-A. 1. V.

AUFZÜGE

jeder Art und Größe
Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt

AUFZÜGE

für Personen und Lasten
Paternoster-Werke
Losenhausenwerk
Düsseldorf. Gegr. 1880

LOS

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (55 mm) Mk. 27,72 netto pro Einschaltung

---

AUFZÜGE

Original-Dreistern
von höchst. Sicherheit u. dem neuest. Stand der Technik entsprechend.
Maschinenfabrik MÜHLEISSEN
Elberfeld-Son.

AUFZÜGE

SK

jeder Art, **Verdunkelungen** für Hörsäle

Schmidt, Kranz & Co.
Nordhäuser Maschinenfabrik A.-G.
Nordhausen a. H.

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge
150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art

Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrokarren in der chemischen Industrie.

Mitteilung der AEG.

Die Werke der deutschen chemischen Industrie haben in den letzten Jahren an Ausdehnung ständig zugenommen. Werkstraßen mit einer Länge von 3 und mehr Kilometern sind daher nichts Seltenes, und es ist deshalb verständlich, daß in diesem Industriezweige dem Förderwesen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden mußte. Die chemischen Unternehmungen haben sehr bald erkannt, daß der früher vorherrschende Hand- und Pferdebetrieb durch Verwendung mechanisch angetriebener Fördermittel ganz bedeutend wirtschaftlicher gestaltet werden konnte, womit eine wesentliche Senkung der Produktionskosten verbunden war.

In den Werken, die in der Hauptsache Farben herstellen, müssen forlaufend große Mengen von den Farbenmühlen zu den Weiterverarbeitungs-Stellen befördert werden, wofür als Fördergefäße zumeist Fässer Verwendung finden. Durch die Bauart der Farbenmühlen ist die Plattformhöhe des Elektrokarrens gegeben, und es war daher erforderlich, den im Bild 1 gezeigten Spezialkarren für 2500 kg Tragkraft zu entwickeln. Die Abmessungen sind so gewählt, daß gleichzeitig 8 bis 12 Farbenfässer befördert werden können. Das Bild zeigt einen mit gefüllten Glasballons beladenen Karren. Die Ausführung des Fahrzeuges läßt auch den Transport dieser empfindlichen Güter ohne Gefahr zu.

Bild 1. Elektrokarren EK 2502 spez. in einem Farbenwerk der chemischen Industrie.

Bild 2. Elektroschlepper ES 8002 zieht mit Farbenfässern beladene Spezial-Anhängewagen.

Wie das Bild erkennen läßt, gestatten die Räder mit großem Durchmesser und breiter Gummibereifung auch ein Befahren sehr wenig befestigter Fahrstraßen, wie sie bei Umstellungen des Betriebes und bei Neubauten meist vorhanden sind.

Um eine rationelle Weiterbenutzung der früher durch Pferde bewegten Fahrzeuge zu ermöglichen, ist der Elektroschlepper ES 8002 mit einer Spezialkupplung, wie Bild 2 zeigt, versehen worden. Die Leistung des Elektroschleppers kann etwa 100% höher als diejenige eines Pferdefuhrwerkes angenommen werden.

Auch der normale Elektrokarren mit hochliegender und fester Plattform für eine Tragkraft von 1500 kg wird gern verwendet. Ein Werk hat die Fahrzeuge mit einem Schutzpanzer für den Fahrer versehen, um diesen bei Zusammenstößen nicht zu gefährden (Bild 3). Die große Motorleistung gestattet natürlich auch bei voller Ausnutzung der Tragfähigkeit des Karrens eine Mitführung von Anhängewagen, die für Sonderzwecke mit Aufbauten der verschiedensten Arten versehen werden können.

Bild 3. Elektrokarren EK 1502 in einem Werk der chemischen Großindustrie.

Zur Vermeidung der Umladung kann in chemischen Fabriken, die Markenartikel herstellen, auch die Verwendung von Elektrohubkarren mit Ladebänken sehr vorteilhaft sein (Bild 4). Diese Ladebänke, deren Plattformabmessungen ein Vielfaches des Beförderungsgutes betragen müssen, werden neben der Packmaschine aufgestellt und allmählich beladen, von dem Hubkarren angehoben, alsdann möglichst im Eisenbahnwagen oder im Lagerraum abgesetzt. Im Waggon erfolgt die Entladung, während im Lagerraum, wenn die Lagerung sich nicht auf lange Zeit erstreckt, die Bank stehen bleiben kann, um jede weitere Ladearbeit zu vermeiden.

Bild 4. Elektrohubkarren EH 1504 nimmt eine beladene Bank mit chemischen Markenartikeln auf.

Die Ladebänke können aus Holz gefertigte oder aus Stahl gepreßte sein. Letztgenannte sind unempfindlicher im Betriebe; es ist jedoch schwierig, sie individuell zu gestalten, da für jede neue Ausführung eine besondere Preßform erforderlich ist. Nur die Längenabmessungen sind hiervon unabhängig.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Leichtmetalle im Fahrzeug- und Maschinenbau.

Mitteilung der AEG.

Die weitgehende Verwendung von Leichtmetallen ist hauptsächlich auf ihr geringes Gewicht, ihre gute Bearbeitbarkeit und in bestimmten Fällen auch auf ihre hohe Wärmeleitfähigkeit zurückzuführen. Die schnelle Entwicklung, besonders des Kraftfahrzeug- und Flugzeugbaues, ist erst durch die Verwendung geeigneter Aluminiumlegierungen möglich gewesen, die durch Gewichtsverringerung toter Lasten, sowie schwingender und drehender Massen zur gewaltigen Leistungssteigerung führten. Aber auch bei vielen anderen Zweigen des allgemeinen Maschinenbaues können Leichtmetalle mit Vorteil zur Anwendung kommen, so bei Textil- und Wirkmaschinen, bei Druckereimaschinen, bei den schnellaufenden Holzbearbeitungsmaschinen und schließlich bei allen tragbaren Maschinen und Apparaten. Die AEG stellt für jeden Verwendungszweck die nachstehend beschriebenen bewährten Legierungen her. Bei der Auswahl und der Formgebung, die je nach der Herstellungsart und der Legierung verschieden sein muß, sollte der Konstrukteur stets mit dem Gießerei-Fachmann zusammenarbeiten[1]).

Bild 1.
Sandgußstück eines 6-Zylinder-Motorgehäuses.

1. **Sandguß.** Die gebräuchlichste Gußlegierung ist die sogenannte „Deutsche Legierung", die neben Aluminium Kupfer und Zink enthält. Infolge ihrer verhältnismäßig hohen Streckgrenze von 6 bis 10 kg/mm² bei 12 bis 18 kg/mm² Zugfestigkeit ist diese Legierung für viele größere Konstruktionsteile, selbst solche mit wechselnder Belastung, zu verwenden. Eine andere Legierung mit größerer Festigkeit und Dehnung ist „Silumin", bestehend aus Aluminium und Silizium. Dieser Werkstoff hat ein feinkörniges Gefüge und eine sehr gute Gießbarkeit, so daß auch schwierige Gußstücke mit dünner Wandstärke (bis herunter zu 3 mm) angefertigt werden können. Seine Zugfestigkeit beträgt 14 bis 22 kg/mm² bei 3 bis 8 vH Dehnung. Eine weitere Verringerung des Gewichtes ist durch die Verwendung von „Elektron" zu erzielen, das mit seinem spezifischen Gewicht von 1,8 g/cm³ das leichteste Gebrauchsmetall darstellt und eine Festigkeit von 17 bis 20 kg/mm² bei 4 bis 6 vH Dehnung besitzt. Ein Sandgußstück eines 6-Zylinder-Motorgehäuses zeigt Bild 1. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil des Elektrons ist in seiner guten Bearbeitbarkeit mit schneidenden Werkzeugen zu sehen. Bei geeigneter Wahl des Werkzeuges mit richtigen Schneidwinkeln können besonders hohe Schnittgeschwindigkeiten gewählt werden, welche die Bearbeitungskosten ganz wesentlich herabsetzen.

2. **Kokillenguß.** Beim Kokillenguß werden die Aluminium-Legierungen in metallene Dauerformen gegossen; die Gußstücke erhalten dadurch eine saubere Oberfläche mit scharfen Kanten, so daß sich eine Nacharbeit vielfach überhaupt erübrigt. Die Maßgenauigkeit beträgt bei dieser Gußart bis herunter zu ± 0,1 mm. Für Kokillengußteile hat die AEG eine Anzahl von Sonderlegierungen; die Kokillengußlegierung für Kolben erreicht eine Brinellhärte von 100 bis 105 kg/mm². Alle diese Legierungen sind in ihrem Kristallgefüge so aufgebaut, daß, wie bei den bekannten Lagermetallen, gute Laufeigenschaften gewährleistet sind. Eine vergütbare Legierung, das Lautal, erhält durch seine Vergütung eine Zugfestigkeit von 20 bis 30 kg/mm² bei 5 bis 10 vH Dehnung. Zu beachten ist jedoch bei dieser Legierung, daß der Vergütungseffekt durch Erwärmung über 160 °C verloren geht und nur durch eine Neuvergütung wieder zu erreichen ist.

3. **Spritzguß.** Beim Spritzguß (Bild 2) wird flüssiges Metall unter hohem Druck in metallene Dauerformen gegossen, so daß die Fertigerzeugnisse fast ohne Nacharbeit austauschfähig zu verwenden sind, da die Maßtoleranzen je nach der Stückgröße bis auf ± 0,05 mm ermäßigt werden können. Neben der normalen Spritzgußlegierung wird auch Silumin wegen seiner Dünnflüssigkeit zweckmäßig für schwachwandige und schwierige Teile verarbeitet. Wirtschaftlich wird die Verwendung von Spritzgußteilen immer dann sein, wenn bei großen Stückzahlen in einer anderen Herstellungsart für das Einzelstück hohe Bearbeitungskosten in Frage kommen würden. Bei der Formgebung von Spritzgußteilen ist ganz besondere Rücksicht auf die teuren Metallformen zu nehmen; oftmals kann durch eine geringfügige Änderung am Gußteil eine wesentliche Verbilligung der Metallform erzielt werden.

Bild 2.
Spritzgußteile.

4. **Preßteile und Formstangen.** Preßteile und in der Strangpresse hergestellte Formstangen aus Leichtmetall haben ein gut durchgeknetetes, dichtes Gefüge mit günstigen Festigkeitseigenschaften. Verwendet wird Reinaluminium, Spreealuminium und Bahnaluminium wegen seiner guten Verschleißfestigkeit. Preßteile aus Elektron (Bild 3) werden im Fahrzeug- und Flugzeugbau für Pleuelstangen, Lagerböcke, Lagerdeckel und für viele Kleinarmaturteile hergestellt. Schließlich sei noch auf die vergütbare Legierung der AEG, das „Alsex", hingewiesen, das, zu Preßteilen verarbeitet, Festigkeitswerte von 20 bis 25 kg/mm² und gute Korrosionsbeständigkeit aufweist.

Bild 3.
Preßteile aus Elektron.

[1]) Anfragen sind zu richten an die AEG-Metallwerke Oberspree, Berlin W 56, Taubenstraße 21.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrische Lokomotiven in Hüttenwerken.

Mitteilung der AEG.

Elektrische Lokomotiven sind in Hüttenwerken seit etwa 30 Jahren bekannt. Aber ihre Einführung ging nur langsam vorwärts und setzte erst nach dem Kriege kräftig ein, als auch der Förderbetrieb bei den Werken auf seine Wirtschaftlichkeit genauestens geprüft wurde. Hierbei ergab es sich, daß die elektrische Lokomotive trotz der Aufwendungen für die Stromerzeugung und Stromzuführung wesentlich wirtschaftlicher arbeitet als die bisher allgemein benutzte Dampflokomotive.

Bild 1. Regelspurlokomotive für gemischten Betrieb.

Die Bedingungen, unter denen die elektrische Lokomotive in den Hüttenwerken arbeiten muß, sind wesentlich ungünstiger als in anderen Betrieben. Die Ansprüche an ihre Leistungsfähigkeit sind einerseits sehr hoch, andererseits sehr schwankend. Der Betrieb ist rauh, die Behandlung nicht immer sachgemäß. Dazu kommen die Einwirkungen von Staub und Hitze, denen beim Bau und bei der Unterhaltung Rechnung zu tragen ist.

Der wirtschaftlichste Betrieb mit reiner Oberleitung (Bild 1) ist nicht überall durchzuführen, da fast auf jedem Werk an einigen Stellen Krane oder Verladeanlagen das Anbringen des Fahrdrahtes verhindern. Man wählt deshalb in der Regel den gemischten Betrieb, d. h. Stromentnahme aus der Fahrleitung auf allen freien Strecken und Stromentnahme aus der mitgeführten Batterie auf den fahrdrahtlosen Strecken. Da die letztgenannten meist nur kurz sind, kann die Batterie verhältnismäßig klein sein. Das Gewicht der Batterie wird als Ballast begrüßt, da das Baugewicht der Lokomotive für die auszuübenden Zugkräfte in der Regel zu gering ist.

Die gebräuchlichste Spannung, mit der die Hüttenwerksbahnen betrieben werden, ist 600 V. Niedrigere Spannungen kommen nur bei Anlagen geringerer Leistung vor. Höhere Spannungen (bis zu 2000 V) werden für größere Anlagen, insbesondere bei langen Strecken, angewendet. Als höhere Regelspannung gilt heute eine solche von 1200 V, die sich seit vielen Jahren im Braunkohlenbergbau bestens bewährt hat.

Die Lokomotiven werden für Regelspur und für Schmalspur gebaut.

Die Regelspur-Lokomotiven werden mit zwei, drei oder vier Achsen ausgeführt. Drei Achsen werden gewählt, wenn die Leistung von zwei angetriebenen Achsen genügt, das Batteriegewicht aber für eine zweiachsige Lokomotive zu groß ist. Bei zwei und drei Achsen werden diese fest im Rahmen gelagert, bei vier Achsen sind je zwei in einem Drehgestell vereinigt. Der Achsdruck der ausgeführten Lokomotiven beträgt 16 bis 20 t. Lassen es die Gleise zu, so kann man auch bis zu 25 t gehen. Für außergewöhnlich hohe Zugkräfte, für die eine vierachsige Lokomotive nicht mehr ausreicht, wird man sechs angetriebene Achsen wählen, von denen je drei in einem Drehgestell vereinigt sind.

Die am meisten verwendeten Motoren haben bei 550 V eine Stundenleistung von 80, 100 und 125 kW, entsprechend einer Zugkraft von 1700, 2300 und 3000 kg bei einer Geschwindigkeit von 15 bis 17 km/h. Vierachsige Lokomotiven leisten also 320 bis 500 kW und entwickeln hierbei Zugkräfte von 6800 bis 12 000 kg. Die angegebenen Leistungswerte beziehen sich sämtlich auf die Stundenleistung und können vorübergehend bis zur Schleudergrenze der Lokomotive überschritten werden. Bei einem Reibungswert von 1 : 4 kann z. B. eine vierachsige Lokomotive von 80 t Gewicht Zugkräfte bis 20 000 kg ausüben.

Um die Hilfsbatterien leicht aus der Fahrleitung laden zu können, werden sie in der Regel mit 160 Zellen entsprechend einer höchsten Ladespannung von 440 V ausgeführt. Die Ladung ist also auch an Stellen mit erheblichem Spannungsabfall möglich. Die Entladespannung beträgt etwa 300 V. Bei dieser Spannung beträgt die Fahrgeschwindigkeit 8 bis 9 km/h. Die verminderte Geschwindigkeit ist auf den fahrdrahtlosen Strecken meist erwünscht, keinesfalls aber von Nachteil, da es sich nur um geringe Längen handelt.

Wird die Batterie aus der Fahrleitung geladen, so erfolgt die Regelung der Ladespannung entweder durch Vorschaltwiderstände oder durch einen Ladeumformer. Wo Ladespannung und Fahrdrahtspannung nur wenig voneinander abweichen, wird man die in der Anlage billigere und im Betrieb einfachere Widerstandsladung wählen. Wo dagegen große Spannungsunterschiede vorhanden sind (z. B. bei 1200 V Fahrdrahtspannung), oder wo hohe Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit gestellt werden, wird man zur Umformerladung greifen. Bei Widerstandsladung benutzt die AEG eine Anordnung, bei welcher der Fahrschalter als Ladeschalter und die Anfahrwiderstände als Ladewiderstände benutzt werden.

Die Verwendung von Schmalspur-Lokomotiven (Bild 2) ist wesentlich geringer, ihr Anwendungsgebiet auch auf der Hütte selbst beschränkt. Meist haben sie einen ganz bestimmten Förderdienst zwischen oder innerhalb von Gebäuden, so daß sich die Anlage einer Fahrleitung nicht verlohnt. Die Lokomotiven werden deshalb in der Regel als reine Akkumulatoren-Lokomotiven mit zwei oder vier Achsen ausgeführt. Bei der Verschiedenheit der Spurweiten ist auch die Leistung der Motoren, die eingebaut werden können, sehr mannigfaltig. Gebräuchliche Motoren sind bei 600 mm Spurweite 15, 20 und 30 kW und bei 700 mm 50 kW.

Bild 2. Schmalspurlokomotiven für Akkumulatorenbetrieb.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Erfahrungen mit Luftkühlern für Turbogeneratoren.

Mitteilung der AEG.

Arbeitsverfahren. Die aus dem Freien entnommene und gefilterte Kühlluft für Generatoren ist nicht vollkommen rein; es kann sich deshalb in den Generatoren Staub ablagern und sie gefährden. Aus diesem Grunde läßt man die Kühlluft heute im geschlossenen Kreislauf arbeiten. Die warme Luft kommt aus dem Generator in einen Luftkühler, in dem sie die Verlustwärme des Generators an Kühlwasser abgibt, und tritt abgekühlt wieder in den Generator ein. So durchströmt den Generator immer die gleiche trockene und staubfreie Kühlluft, die langen Zu- und Abluftkanäle fallen fort und ein entstehender Brand erstickt von selbst, da kein neuer Sauerstoff in den Kreislauf eindringt.

Auswechseln der Kühlrohre. Die ersten Luftkühler wurden in eine große Anzahl von Teilkühlern unterteilt, damit sich auch beim Abschalten eines Teilkühlers der Generator noch annähernd voll belasten ließ. Man befürchtete nämlich zuerst, daß die Teilkühler wegen undichter Einwalzstellen der Rohre und abgelagerten Schmutzes öfter außer Betrieb genommen werden müßten. Um bei einem etwa eingetretenen Rohrfehler den Teilkühler weiter betreiben zu können, sind die Luftkühler der AEG heute so eingerichtet, daß sich jedes Rohr einzeln herausnehmen und die Öffnungen verkorken lassen. Zu diesem Zweck ist jedes Rohr an einem Ende in den Rohrboden mit einer erweiterten Muffe eingewalzt, die einen etwas größeren Durchmesser hat als die Kühlrippen der Rohre. Die erweiterten Muffen der Rohrenden liegen abwechselnd im vorderen und hinteren Rohrboden. Da die Rohre leicht einzeln auswechselbar sind, unterteilt die AEG ihre Luftkühler nur in eine geringe Zahl von Teilkühlern, von denen jeder einzeln abgeschaltet werden kann. Trotz der Rippen mit ihrem größeren Durchmesser sind also die Kühlrohre ebenso leicht zu entfernen und einzuwalzen wie die eines Kondensators.

Bild 1. Luftkühler für einen 15 000 kW-Generator.

Bauarten. Als die AEG den Kühlerbau aufnahm, bestanden Zweifel darüber, ob wagerechte oder senkrechte Kühlrohre schneller verschmutzen; Versuche ergaben, daß praktisch beide Bauarten gleichwertig sind. Die AEG bevorzugt wagerecht eingebaute Rohre mit senkrechter Luftführung, weil die Anlage hierbei in den meisten Fällen besser zugänglich ist und sich auch eine günstigere Allgemeinanordnung ergibt. Nur in Einzelfällen führen die Platzverhältnisse zu Kühlern mit wagerechter Luftführung, wobei die Rohre wagerecht oder senkrecht eingebaut sein können.

In Bild 1 ist ein aus vier Teilkühlern bestehender Luftkühler für einen 15 000 kW-Generator dargestellt. Die Kühlrohre sind wagerecht angeordnet; der Kühler ist in vier Elemente unterteilt, von denen jedes einzelne durch Ventile, die außerhalb des Luftkanals liegen, abgeschaltet werden kann.

Anordnung. Die von der AEG vorzugsweise benutzte Aufstellungsart der Kühler (DRP. angemeldet) zeigt Bild 2. Die Heißluft durchzieht den Kühler von oben nach unten, durchströmt dann den Kanal am Boden des Kellers und steigt in der dem Kühler gegenüberliegenden Fundamentnische wieder zum Generator hoch. Da der Kühler gegen die Mitte des Maschinensatzes seitlich verschoben ist, bleibt der Raum vor dem Kondensator frei und der Kühler ist von beiden Seiten zugänglich. Der Luftkanal über dem Boden des Kondensationskellers wird meistens aus Eisenblech oder aus Rabitzwänden hergestellt. Luftkanäle aus Eisenblech werden innen mit Linoleum bekleidet, das die Geräusche der durchströmenden Luft dämpft. Filzstreifen zwischen

Bild 2. Anordnung des Luftkreises mit zugänglichem Kondensator-Vorraum.

den zusammengeschraubten Blechen dienen dem gleichen Zweck.

Bei Neuanlagen können die Kühler auch beiderseits an den Generator angebaut werden. Dadurch erhält man das geringste Volumen der eingeschlossenen Luft und daher den besten Schutz gegen Brände, ferner bleibt der Keller von allen Luftkanälen frei.

Kühltemperaturen. Die nach den VDE-Normen zugelassene Temperaturerhöhung von Generatoren setzt voraus, daß die Temperatur der in den Generator eintretenden Luft nicht mehr als 35° beträgt. Diese Temperatur muß man daher als Grenzwert für die rückgekühlte Luft ansehen und darf sie auch bei stark verschmutzten Rohren nicht überschreiten. Die Kühlfläche ist deshalb so groß zu bemessen, daß bei reinen Kühlrohren die Lufttemperatur unmittelbar hinter dem Kühler nicht höher als 30° ist; sie steigt dann, auf ihrem Wege zum Generator etwas erwärmt und durch verschmutzte Rohre erhöht, nicht über die festgesetzte Grenze von 35° am Eintrittsstutzen des Generators. Bei unzulässig hoher Kühllufttemperatur betätigt ein Fernthermometer eine Signaleinrichtung über ein Relais und macht so den Maschinenwärter auf die im Entstehen begriffene Gefahr rechtzeitig aufmerksam.

Wenn Kühlwasser von mäßiger Temperatur vorhanden ist, fällt es nicht schwer, die geforderte Kaltlufttemperatur zu erreichen. Bei sehr warmem Kühlwasser muß der Kühler entsprechend groß bemessen sein. Wird bei hoher Kühlwassertemperatur die zugelassene Kaltlufttemperatur nur um 1° geändert, so muß der Kühler bereits sehr erheblich vergrößert oder verkleinert werden. Arbeitet die Turbinenanlage mit rückgekühltem Kühlwasser von etwa 27°, so wird der Kühler bedeutend größer als bei einer Kühlwassertemperatur von 15°. Um große Kühlflächen zu vermeiden, benutzt man im kälteren Teil des Kühlers in diesem Falle zweckmäßig das kühlere Zusatzwasser für die Rückkühlanlage.

Kondensatkühlung. Man gewinnt einen Teil der Verlustenergie des Generators wieder zurück, wenn man die Luftkühler im wärmeren Teil mit Turbinenkondensat speist. Die Wärme, die das Kondensat aufnimmt, geht dann nicht im Kühlwasser verloren. Reine Kondensatkühlung würde zu große Kühler ergeben. Wo man aber nur über wenig Kühlwasser verfügt, ist es öfter vorteilhaft, einen Teil des Frischwassers durch Kondensat zu ersetzen. In wasserarmen Gegenden würden die Generatoren durch die staubige Frischluft am ehesten verschmutzen; die zweckmäßige Kreislaufkühlung wird hier durch Kondensatkühlung wesentlich erleichtert.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Fortschritte in elektrischen Werkzeugmaschinen-Antrieben.

Mitteilung der AEG.

Die gute Regulierfähigkeit des Gleichstrommotors ist für Werkzeugmaschinen besonders wertvoll. Durch kein anderes Reguliermittel wurde bisher die gleiche Wirtschaftlichkeit erreicht. Die Bohrpressen der Wesselmann-Bohrer-Co., Gera, (Bild 1) werden durch Vertikal - Gleichstrom - Reguliermotoren angetrieben, die im Verhältnis 1 : 3 in mehr als 20 Stufen regulierbar sind. Für den Anschluß an andere Stromarten mußte die Frage gelöst werden, welches Ersatzreguliermittel anzuwenden sei. Die billigste und wirtschaftlichste Lösung fand man darin, in der Maschine selbst Gleichstrom zu erzeugen. Zu diesem Zweck wurde in den Fuß der Maschine ein Motorgenerator eingebaut, dessen angeflanschter Drehstrommotor auf dem Bild zu sehen ist. Die Schaltapparate, Spannungs- und Stromzeiger sind ebenfalls eingebaut. Die Bedienung erfolgt genau wie bei direktem Gleichstromantrieb mittels des einzigen Reglerhandrades, mit dem der Antrieb beim Ausschalten auch gebremst wird. Vorn links ist die AEG-Elektro-Kühlmittelpumpe zu sehen, die sich sehr bewährt hat, da sie ohne jede Dichtung oder reibende Flächen arbeitet, so daß sie durch Unreinigkeiten nicht gestört oder überlastet werden kann.

Bild 1. Wesselmann-Bohrpresse mit Gleichstrom-Reguliermotor für Anschluß an beliebige Stromarten.

Die Anschlußbedingungen der öffentlichen Elektrizitätswerke setzen der Verwendung der einfachen Drehstrom-Kurzschlußmotoren enge Grenzen, durch welche die Werkzeugmaschinenfabriken, die ihre Maschinen mit angebauten Motoren liefern, schon vielfach in Verlegenheit gesetzt wurden. Durch die Ausbildung des AEG-Doppelnutmotors wurde dieser Übelstand beseitigt. Dieser Motor unterscheidet sich mechanisch nicht von dem Kurzschlußmotor, denn er ist ebenso unverwüstlich, hat die gleiche Statorwicklung und äußerlich den gleichen Läufer; jedoch hat dieser unter dem gewöhnlichen Käfig noch einen inneren Käfig mit höherem induktiven Widerstand. Die Größe des induktiven Widerstandes hängt von der Periodenzahl des Rotors ab. Die Periodenzahl des Rotors ist gleich der Netzfrequenz, solange der Rotor stillsteht, und sinkt auf Null, wenn der Läufer seine synchrone Drehzahl erreicht hat. Beim Anlauf wird also der innere Käfig fast keinen Strom führen, sondern nur der äußere, der einen geringen Querschnitt und verhältnismäßig großen Widerstand hat. Dies entspricht etwa dem Anlaufverhältnis bei Schleifringmotoren, bei denen zum Anlauf über die Schleifringe ein äußerer Widerstand vorgeschaltet wird. Der äußere Widerstand muß aber durch den Anlasser während des Anlaufes kurzgeschlossen werden. Diese Funktion übernimmt der Doppelnutmotor selbsttätig dadurch, daß mit wachsender Drehzahl der induktive Widerstand des Innenkäfigs verschwindet, wodurch der ganze Querschnitt beider Käfige für den Rotorstrom zur Verfügung steht. Die praktische Ausführung ist aber noch einfacher, denn die beiden Käfige sind zu einem einzigen in Dopelnuten liegenden Käfig vereinigt. Dieser Käfig ist nicht aus einzelnen Stäben durch Nietung und Lötung mit den stirnseitigen Kurzschlußringen zusammengesetzt, sondern in besonderen Gießformen in das fertig zusammengesetzte Rotorblechpaket eingegossen. Der Läufer wird dadurch zu einem einzigen unveränderlichen Stück. Besonders bei Werkzeugmaschinen, die einen dauernd erschütterungsfreien Lauf erfordern, ist der unveränderliche gegossene Rotor dem zusammengesetzten weit überlegen. Der AEG-Doppelnutmotor entwickelt bei direkter Einschaltung ein Anzugsdrehmoment gleich dem 1,8- bis 2fachen Normaldrehmoment bei 4- bis 5fachem Anlaufstrom, während der Kurzschlußmotor dabei bis zum 7,5fachen Normalstrom aufnimmt. Beim Kurzschlußmotor steigt nach dem Anzuge das Beschleunigungsdrehmoment stark an, so daß mitunter eine zu heftige Beschleunigung erfolgt, während bei dem Doppelnutmotor die Beschleunigung gleichmäßiger ist.

Beim Anlauf mit Sterndreieckschalter muß der Motor für die Betriebsspannung in Dreieck geschaltet sein, so daß er in der Anlaufstellung eine geringere Spannung erhält. Dadurch wird der Einschaltstrom auf etwa ⅓ ermäßigt, er bleibt unter dem 1,6fachen Nennstrom. Das Anzugsdrehmoment sinkt dabei auf das 0,6- bis 0,7fache des Nennleistungs-Drehmomentes. Da der Anlaufstrom des Doppelnutmotors unter dem 1,6fachen Nennstrom bleibt, so kann der Anschluß eines solchen Motors bis 100 kW-Leistung von keinem Elektrizitätswerk und an keiner Stelle verweigert werden.

Für die Frage ob das 0,6- bis 0,7 fache Anzugsdrehmoment zur Überwindung der ruhenden Reibung ausreicht, ist zu bemerken, daß der Doppelnutmotor überall ohne weiteres anwendbar ist, wo bisher ein Kurzschlußmotor mit Sterndreieckschaltung genügendes Anzugsmoment entwickelte. Man kann aber auch allgemein sagen, daß es wenige Werkzeugmaschinen geben wird, bei denen dieses Anzugsdrehmoment nicht genügen würde. Dies kommt daher, daß die Antriebsmotoren für die Arbeits- (Schnitt-) Leistung bemessen sein müssen, die ein Mehrfaches der Leerlaufleistung der Maschine beträgt. Wenn z. B. die Schnittleistung nur das Dreifache des Leerlauf-Kraftbedarfes der Maschine ist, so ist auch das Nenndrehmoment des Motors dreimal so groß, wie es zur Überwindung des Leerlaufes nötig ist. Davon wird beim Anzug mindestens entwickelt $3 \cdot 0,6 = 1,8$. d. h. die ruhende Reibung könnte das 1,8fache der Reibung im Lauf betragen. Dieser Wert wird aber besonders bei neuzeitlichen Maschinen mit Wälzlagern nicht erreicht. Eine Schaerer-Drehbank mit angeflanschtem Doppelnutmotor zeigt Bild 2.

Bild 2. Schaerer-Flanschmotordrehbank mit AEG-Doppelnutmotor.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Verwendung von Novotext im Automobilbau.

Mitteilung der AEG.

Die Lösung der Frage des Nockenwellenantriebes hat sich in den letzten Jahren ohne Zweifel zugunsten des geräuschlosen Räderantriebes und zuungunsten des Kettenantriebes verschoben. Die Lebensdauer der Kette ist gegenüber Zahnrädern aus geräuschdämpfenden Grundmaterialien erfahrungsgemäß viel kürzer,

Bild 1. Ausgewählte Formstücke von Novotexträdern.

ganz abgesehen von den Störungen des gleichmäßigen Motorlaufes, die durch das Ausziehen und den Verschleiß der Kette hervorgerufen werden. Kostspielige Ketten-Nachspannvorrichtungen finden sich nur an teuren Wagen und scheiden für die große Masse der Wagen aus, die in jedem Teil billig und trotzdem vollkommen zuverlässig sein müssen. Der Forderung nach geräuschlosem Lauf des Motors kommt der Konstrukteur dadurch nach, daß er Metallzahnräder durch Zahnräder aus geräuschdämpfenden Baustoffen ersetzt. Es genügt jedoch nicht, daß das gewählte Material an und für sich geräuschlos laufende Zahnräder abgibt, sondern das Material muß auch geeignet sein, die im Automobilmotor auftretenden Schwingungen, Vibrationen und Geräusche auf ein Mindestmaß herunterzudrücken bzw. ganz aufzuheben. Diese schwer zu vereinenden Forderungen erfüllt voll und ganz das von der AEG hergestellte Novotext; dieses entspricht einem seit mehr als 12 Jahren im amerikanischen Automobilbau als Nockenwellenantriebsrad oder als Zwischenrad hervorragend bewährten Material.

Das AEG-Zahnradmaterial Novotext besteht aus einem besonders festen Spezial-Baumwollgewebe, das mit Bakelit getränkt, unter hohem Druck und Wärmebehandlung zu Platten, Scheiben oder besonders profilierten Radkörpern gepreßt wird.

Besonders der profilierte Radkörper weist ein ungewöhnlich großes Dämpfungsvermögen für auftretende Schwingungen auf, die durch den dünnen Mittelsteg aufgenommen und nicht weitergeleitet werden. Als weitere für den Automobilbau sehr wichtige Eigenschaft ist die Wärmefestigkeit des Novotext, sowie die Unempfindlichkeit gegen Wasser, kaltes oder heißes Öl zu erwähnen.

Für den Automobilbau kommen ausschließlich die in Bild 1 dargestellten profilierten Zahnradkörper zur

Bild 2. Novotextzahnrad mit Flanschbefestigung.

Bild 3. Novotextzahnrad mit eingepreßter Buchse.

Verwendung. Die Befestigung des Novotext-Nockenwellenantriebsrades kann entweder durch Flansch nach Bild 2 oder mit Hilfe eingepreßter Buchse nach Bild 3 erfolgen.

Wenn nicht besondere Gründe vorliegen, empfiehlt es sich immer, ein Rad mit eingepreßter Buchse zu verwenden, da bei gleichem Raddurchmesser und gleicher Zahnkranzstärke der die Schwingungen und Vibrationen aufnehmende Mittelsteg bedeutend vergrößert und wirksamer wird. Die Radbuchse wird bei der Herstellung des Rades miteingepreßt, nachdem sie vorher mit einer besonders ausgebildeten AEG-Kordelung nach Bild 4 versehen worden ist.

Die auffallend tiefe Kordelung verhindert unter allen Umständen ein Verdrehen oder Herausbrechen der Buchse aus dem Radkörper. Dem mittleren Teil des Rades fällt, wie schon erwähnt, die Aufgabe zu, auftretende Schwingungen und Vibrationen aufzunehmen, abzudämpfen und ihre Weiterleitung aufzu-

Bild 4. Radbuchse mit AEG-Kordelung.

halten. Die langjährigen Erfahrungen haben gezeigt, daß dieser dünne Steg seine Aufgabe in ausgezeichnetem Maße erfüllt. Bild 5 zeigt den Einbau eines Novotext-Nockenwellenrades in einen Automobilmotor.

Für die Berechnung des Radkranzes eines profilgepreßten Novotextradkörpers können die Festigkeitsdaten von Gußeisen zugrunde gelegt werden. Die Bearbeitung von Novotext bewegt sich in den Grenzen derjenigen von Hartholz, Hartpapier oder Messing. Bei genügend hoher Schnittgeschwindigkeit bestehen keinerlei Schwierigkeiten beim Fräsen von normalen oder Spezial-Verzahnungen. Es können für die Herstellung der Novotexträder die gleichen Werkzeuge wie zur Bearbeitung von Metallzahnrädern verwendet werden. Zur Glättung der geschnittenen Zahnprofile empfiehlt sich für den Einlauf der Zahnräder die Verwendung einer von der AEG eigens für diesen Zweck hergestellten Graphit-Schmierpaste.

Bild 5. Novotextzahnrad eingebaut in einem Automobilmotor.

Die Verwendung von Novotext-Zahnrädern verbürgt für den Automobilbau sehr wichtige Vorteile:

1. Geräuschlosen Lauf,
2. Größte Betriebssicherheit,
3. Sehr guten Wirkungsgrad,
4. Geringe Energieverluste, da sehr große Schwingungsdämpfung vorhanden,
5. Keine Schwingungsbrüche an den angeschlossenen Maschinenteilen,
6. Lange Lebensdauer.

Diese Vorteile, die ohne Zweifel die im modernen Automobilbau angestrebten Verbesserungen in einzigartiger Weise zusammenfassen, sind durch jahrelange Praxis glänzend bewiesen worden.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Künstliche Maserung.

Mitteilung der AEG.

Um Metallen, unedlem Holz, Papier oder Pappe das Aussehen von edlem Holz oder Marmor zu geben, werden schon seit langer Zeit Verfahren angewendet, die aber schließlich immer wieder auf eine Handzeichnung eines mehr oder weniger geübten Malers zurückgehen und deshalb auch nur in den seltensten Fällen eine naturgetreue Wiedergabe darstellen.

Aus diesem Grunde fand die Verwendung von Stahl, insbesondere für Türen, Wandbekleidungen, Möbel usw., bisher wenig Anklang. Da sich aber auf allen Gebieten der Ruf nach Feuersicherheit und der Berücksichtigung hygienischer Einrichtungen immer lauter erhebt, geht man für die gedachten Zwecke, insbesondere im Eisenbahnwagen- und Schiffbau, neuerdings in erhöhtem Maße zur Verwendung von Stahl über, und es erscheint daher dringend erwünscht, daß auch die Oberflächen von Stahl- und Eisenblech ein ansprechendes Äußere erhalten.

Ein aus Amerika stammendes Verfahren erzielt die künstliche Maserung auf photographischem Weg. Es werden hierzu allerbeste Hölzer oder Marmortafeln, die zu diesem Zwecke besonders behandelt wurden, auf einer sehr großen photographischen Platte aufgenommen. Das Original kann dabei ebensogut ein großes einheitliches Brett oder auch ein in beliebiger Weise zusammengefügtes Furnier oder Muster (Intarsia) sein.

Bild 1. Abrollen der Maserung auf ein Metallgehäuse.

Das Übertragen der gewünschten Holz- oder Marmormaserung auf das entsprechende Material erfolgt unter Verwendung von Kupferplatten oder Kupferzylindern im Hand- oder Maschinenbetrieb nach einem vereinigten Tief- und Offsetdruckverfahren. Bild 1 zeigt die Übertragung bzw. das Abrollen der Maserung auf ein Metallgehäuse.

Die zu masernden Gegenstände werden zuvor in der Grundfarbe der betreffenden Holzart eingefärbt (z. B. für Mahagoni in rot). Zur besseren Haltbarkeit werden die gemaserten Objekte noch mit farblosem Lack überzogen.

Diese verblüffend einfache Art des Systems, das vor den alten Übertragungsmethoden die unbedingte Naturtreue voraus hat, hat sich in Amerika bereits in weitestem Umfange eingeführt. Das neue Verfahren sowie eine Anzahl abhängiger Verfahren, die in weitgehendem Maße durch Patente in allen Ländern geschützt sind, werden in Deutschland von der „Masa G. m. b. H. zur Herstellung künstlicher Oberflächen"*), einer kürzlich von der AEG und der I. G. Farbenindustrie gegründeten Gesellschaft, als „Masa-Verfahren" eingeführt.

Nach dem neuen Verfahren behandelte Stahlbleche (Bild 2) finden insbesondere Verwendung im Eisenbahn- u. Straßenbahnwagenbau als Ersatz für Holz und Stoff, zur Verhinderung von Brandgefahr und Splitterwirkung bei Unfällen, im Schiffbau zur Auskleidung von Kabinen, Gängen und Badezimmern, im Automobilbau für Fenster- und Tür-Umrahmungen, Armaturbretter und Verkleidungen. Ferner findet dieses Stahlblech Verwendung im Hotel- und Wohnungsbau als Wandbekleidung von Eingängen, Treppenfluren, Dielen, Badezimmern, Türen, Heizkörperverkleidungen, im Ladenausbau, in Kinos, Theatern für Decken und Wände usw. und in Geschäftshäusern für Türen, Geldschränke, Büroeinrichtungen usw.

Bild 2. Stahlblech mit Eichenmaserung.

Bild 3. Aluminiumblech mit Marmoräderung.

In Verkehrsfahrzeugen, Schiffen, Büros, Wohnräumen, Krankenhäusern finden holzgemaserte Stahlmöbel und andere Einrichtungsgegenstände Verwendung.

Nach dem gleichen Verfahren kommt die Verwendung von Marmormaserung (Bild 3) für Treppenhäuser, Baderäume, Ladeneinrichtungen usw. in Betracht.

*) Anfragen sind zu richten an Masa G. m. b. H. zur Herstellung künstlicher Oberflächen, Berlin NW 40, Alexander-Ufer 4.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die Betriebsergebnisse der elektrischen AEG-Lokomotiven.

Mitteilung der AEG.

Am 1. Januar 1928 waren auf den in Bayern elektrisierten Strecken 150 elektrische Lokomotiven in Betrieb. Von diesen wurden von der AEG die elektrischen Ausrüstungen für 19 Personenzug-Lokomotiven der Bauart 2 B B 2 (E 52), für zwei Güterzug-Lokomotiven der Bauart C + C (E 91) und ferner drei vollständige Rangier-Lokomotiven der Bauart 1 C (E 60) geliefert.

Bild 1. 1 C_0 + C_0 1-Güterzug-Lokomotive (E 95).

Auf den schlesischen Gebirgsstrecken waren 71 Lokomotiven in Betrieb, von denen von der AEG 14 Güterzug-Lokomotiven der Bauart C + C (E 91), eine — im Bild gezeigte — Güterzug-Lokomotive der Bauart 1 C_0 + C_0 1 (E 95), 5 Personenzug-Lokomotiven der Bauart B + B (E 42) und eine Schnellzug-Lokomotive der Bauart 2 D_0 1 (E 21) geliefert wurden.

Auf den Strecken Magdeburg—Halle—Leipzig sind von den im Betrieb befindlichen 75 Lokomotiven 26 von der AEG gelieferte B + B Güterzug-Lokomotiven (E 71).

Die kilometrischen Leistungen sämtlicher in Bayern laufenden Lokomotiven und Triebwagen betrugen 1925 = 2 769 000 km, im Jahre 1926 = 5 532 000 km und im Jahre 1927 = 8 298 000 km. Der Anteil der kilometrischen Leistungen der AEG-Lokomotiven betrug im Jahre 1925 rund 17,6%, im Jahre 1926 rund 20%, er ist im Jahre 1927 auf rund 15% zurückgegangen. Die Ursache dieses Rückganges ist darauf zurückzuführen, daß in den beiden ersten Betriebsjahren die 2 B B 2-Lokomotiven hauptsächlich zur Beförderung von Schnell- und Personenzügen verwendet wurden, während sie im Jahre 1927 infolge ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeit als Betriebsreserve Verwendung fanden. Von diesen Lokomotiven sind jedoch auch im Jahre 1927 wiederholt Höchstleistungen von über 10 000 km im Monat erreicht worden.

Die auf den schlesischen Gebirgsbahnen laufenden Güterzuglokomotiven haben im Betriebsjahr 1927 monatliche Durchschnittsleistungen von rund 7300 km je Lokomotive erreicht, so daß die durchschnittliche Jahresleistung ungefähr 4000 km erreicht. Die leichten Personenzuglokomotiven haben eine monatliche Durchschnittsleistung von ungefähr 4000 km erreicht.

Im April d. J. wurde die im Oktober 1926 an die Reichsbahndirektion Halle gelieferte 2 D_0 1-Schnellzuglokomotive mit Westinghouse-Antrieb nach Schlesien überwiesen, nachdem sie auf der Strecke Magdeburg — Halle — Leipzig seit ihrer Inbetriebsetzung rund 37 000 Lokomotiv-km zurückgelegt hatte. Die Höchstleistung dieser Lokomotive während des Sommerfahrplanes betrug im Juli etwa 13 000 km. Die Lokomotive hatte bis zur Beendigung ihrer Garantiezeit, am 17. Oktober 1927, rund 126 000 km in dauerndem Betrieb zurückgelegt.

Lok.Nr.	Kollektor I	Kollektor II	Kollektor III	Kollektor IV
5201	186000	186000	186000	186000
5202	285000	308000	253000	253000
5203	308000	200000	200000	200000
5204	170000	170000	170000	170000
5205	265000	265000	265000	265000
5206	177000	177000	177000	177000
5207	136000	136000	136000	136000
5208	132000	132000	132000	132000
5209	193000	193000	193000	193000
5210	200000	200000	200000	200000
5211	230000	230000	230000	230000
5212	200080	200000	200000	200000
5213	170000	170000	170000	170000
5214	203000	203000	203000	203000
5215	180000	180000	180000	180000
5216	243000	180000	180000	243000
5217	193000	193000	193000	193000
5218	180000	180000	180000	180000
5219	172000	172000	172000	172000

K 10256

unbearbeitet — abgedreht — abgeschliffen

Zahlentafel. Kollektor-km der Hauptmotoren von 2 B B 2-Lokomotiven bei der Reichsbahn-Direktion München.

Die günstigen kilometrischen Leistungen der neueren elektrischen Lokomotiven sind zum größten Teil auf die langen Laufleistungen der Kollektoren zurückzuführen. Während in früheren Jahren ein Abschleifen oder Abdrehen der Kollektoren nach Laufleistungen von 120 000 bis 150 000 Kollektor-km erforderlich war, weisen die Kollektoren der heutigen Motoren Leistungen auf, die doppelt so hoch liegen. In der Zahlentafel sind die Kollektoren-km der 2 B B 2-Lokomotiven zusammengestellt.

Das Abschleifen oder Abdrehen bei dem größten Teil der Kollektoren mußte erfolgen, weil diese durch Fremdkörper (Kohlenarmaturen) usw. mechanisch beschädigt waren.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß die Kollektoren der in den Jahren 1912 bis 1922 gelieferten B + B-Lokomotiven für Magdeburg—Halle—Leipzig nicht weniger günstige Laufleistungen erreicht haben. Die Kollektoren dieser Lokomotiven mußten durchschnittlich nach 175 000 Kollektoren-km abgeschliffen werden, jedoch sind auch Spitzenleistungen von 330 000 Kollektor-km erreicht worden. Das weitere Abschleifen wird mit Rücksicht auf die regelmäßige Untersuchung der Lokomotiven nach durchschnittlich 80 000 Kollektor-km vorgenommen.

Die vorstehend aufgeführten Zahlen geben ein deutliches Bild von dem Stande der von der AEG für die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft gelieferten Vollbahnlokomotiven.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Schweißkontroller zu elektrischen Punktschweißmaschinen.

Mitteilung der AEG.

Elektrische Punktschweißmaschinen sind in Blech- und Emailwerken, in mittleren Eisenkonstruktions-Werkstätten u. dergl. heute allgemein eingeführt und haben auf diesem Gebiete ganz erheblich zur Verbilligung der Fabrikation beigetragen. Im allgemeinen werden leichte Punktschweißmaschinen von weiblichen Arbeitskräften bedient. Dabei wird die Massen-Punktschweißung heute nur im Akkord ausgeübt. Um Fehlschweißungen bei derartigen Massenarbeiten zu vermeiden, lag ein Bedürfnis vor, den Punktschweißvorgang selbsttätig zu überwachen und man versuchte die verschiedenartigsten Mittel, den Schweißstrom automatisch zu begrenzen. Im Anfang versuchte man durch ein Uhrwerk die Schweißzeit zu regeln. Da die Größe des elektrischen Stromes bei den Schweißarbeiten sich aber, je nachdem das Blech verzundert oder sauber ist, verschieden groß einstellt, so führte diese Maßnahme nicht zum Erfolg. Man versuchte sodann den Ablauf des reinen Zeitschalters mit dem Strom zu kuppeln, also die Ablaufgeschwindigkeit von der Stromstärke abhängig zu machen. Auch diese Lösung war nicht ideal; infolge der verschiedenen Widerstände zwischen den Blechauflagen suchte sich der Strom Nebenwege, die bei dieser Schweißart nicht berücksichtigt wurden. Der Weg, ein Maximal-Stromrelais in den Primärkreis des Transformators zu legen, stieß ebenfalls auf Hindernisse, da sich der Einschaltstoß des Transformators störend auswirkt. In neuerer Zeit beobachtete man, daß während des Schweißvorganges im Sekundärstromkreis ein regelmäßiger Stromanstieg erfolgte bis zu dem Moment, in dem die eigentliche Schweißung durchgeführt war. Erst in diesem Augenblick steigt der Strom ruckweise durch Verschwinden des Übergangswiderstandes zwischen den zu verschweißenden Blechen: Ein untrügliches Zeichen, daß die Schweißung einwandfrei beendet ist. Man sollte annehmen, daß das Eisen, das in warmem Zustand schlechter leitet als im kalten Zustand, eher den Strom mit zunehmender Erwärmung herabdrücken sollte. Bei näherer Betrachtung jedoch erkennt man den Fehler in dieser Überlegung. Während einer normalen Punktschweißung von zwei Blechen hat der Strom fünf Widerstände zu durchlaufen, und zwar zweimal den Übergangswiderstand von Elektrode zum Blech, einmal von Blech zu Blech und zweimal den inneren Widerstand des Bleches selbst. Diese letzten beiden Widerstände sind jedoch verschwindend klein gegenüber den anderen. Man hat es also hauptächlich mit den drei Übergangswiderständen zu tun. Wenn nun eine richtige Schweißung erfolgt, muß der mittlere Übergangswiderstand zwischen den Blechen vollständig verschwinden: dies ist die Voraussetzung einer vollkommenen Verbindung. Da dieser Widerstand aber gerade der größte war, so erklärt sich das Ansteigen des Stromes auf natürlichste Weise.

Daß eine derartige Reglung des Schweißvorganges alle anderen übertreffen mußte, liegt klar auf der Hand. Wenn die Schweißstelle verzundert ist, kann der Strom sich andere Wege suchen. Der Schweißkontroller nach dem maximalen Stromprinzip wird nie abschalten. In dem Augenblick, in dem die Zunderschicht durchbrochen ist, sind alle Umwege im Verhältnis zu der Länge des geraden Stromweges so lang, daß praktisch nur der Schweißstrom eine Rolle spielt. Mit diesem Maximal-Stromrelais im Sekundärstromkreis war also der praktisch brauchbarste, einfachste Kontrollapparat für die elektrische Punktschweißmaschine geschaffen. Das Bild zeigt das Maximal-Stromrelais um den Oberarm einer modernen Punktschweißmaschine gelegt; es bringt bei Eintritt der eigentlichen Schweißung ein Primärschütz zur Auslösung und schaltet den Strom selbsttätig ab. Für die verschiedenen Blechstärken kann das Maximal-Stromrelais mittels einer einfachen Kordelschraube leicht eingestellt werden. Es ist möglich, mit dem Relais Schweißungen von einer Dauer von 2 bis 5 Sekunden auszuführen, die ebenso sicher kontrolliert werden wie Schweißungen an stärksten Blechen in der Dauer von ½ Minute und darüber. Das Kontaktpaar am Relais, das aus einer Wolfram-Legierung besteht, ist praktisch unzerstörbar.

Moderne Punktschweißmaschine.

Die Verwendung dieses einwandfrei arbeitenden Schweißkontrollers gestattet jetzt, die Punktschweißmaschine mit den höchsten Sekundärspannungen, d. h. mit den größten Stromstärken und den kleinstmöglichsten Schweißzeiten zu regeln. Die Leistungsfähigkeit einer Punktschweißmaschine wird also in Verbindung mit dem Schweißkontroller auf das höchste gesteigert. Infolge der vergrößerten Schweißgeschwindigkeit wird der Stromverbrauch auf ein Mindestmaß gedrückt.

Die Vorzüge des A E G - Schweißkontrollers lassen sich, wie folgt, zusammenfassen:

Verwendung ungelernter Arbeitskräfte,

Vermeidung von Ausschuß,

Herabsetzung der Stromkosten,

Verringerter Elektrodenverschleiß,

Ersparnisse an Kühlwasser,

Gleichmäßiges Ausfallen der Schweißpunkte, infolgedessen

Hebung der Qualität des Schweißgutes.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die neuen AEG-Getriebe-Dampfturbopumpen in Wasserwerken.

Mitteilung der AEG.

Solange Dampfturbinen mit Kreiselpumpen direkt gekuppelt wurden, konnten sie den Dampfverbrauch hochwertiger Dampfkolbenpumpen nicht erreichen.

Bereits vor dem Kriege wurden infolge erheblicher Fortschritte in der Konstruktion von Wasserwerks-Dampfturbinen und Kreiselpumpen die Dampfverbrauchsziffern bzw. die je kg Dampf geleisteten tm (spez. Förderarbeit) der Dampfturbopumpen dauernd gesteigert. Den Dampfkolbenpumpen gegenüber blieb aber immer noch ein nicht auszugleichender Unterschied von 7 bis 10 tm/kg, der hauptsächlich darauf zurückzuführen war, daß der Konstrukteur bei direkter Kupplung stets zu einem Kompromiß bezüglich der Drehzahl greifen mußte. Die Dampfturbine war für 3000 und mehr Umdrehungen in der Minute entwickelt, während die Zentrifugalpumpe bei den in der Regel in Wasserwerken vorkommenden Förderhöhen und Wasserleistungen eine Drehzahl von 600 bis 800 U/min verlangte. So mußte bei Wasserwerksmaschinen die Drehzahl des Maschinensatzes entweder der vorgenannten Drehzahl der Dampfturbinen angenähert werden, oder man entschloß sich, da eine Annäherung an die Drehzahl der Kreiselpumpe nicht in Betracht kam, die Dampfturbopumpe mit einer Umlaufzahl arbeiten zu lassen, die zwischen den günstigsten Drehzahlen der Dampfturbine u. der Kreiselpumpe lag; allerdings verringerte sich dadurch der Gesamtwirkungsgrad.

Erst die Vervollkommnung in der Herstellung der Zahnräder ermöglichte durch Zwischenschaltung von Übersetzungsgetrieben eine völlig unabhängige Wahl der Umdrehungen von Dampfturbinen und Kreiselpumpen und damit das Erreichen ihrer besten Wirkungsgrade.

Der Wirkungsgrad eines solchen neuzeitlichen mit Preßölschmierung versehenen Zahngetriebes ist sehr hoch und beträgt einschließlich der Lagerreibung 97 bis 98%. Der dabei entstehende kleine Verlust hat gegenüber dem durch das wirtschaftliche Arbeiten der Maschinen erzielten Gewinn keine Bedeutung.

In rascher Folge zeigte sich dieser Vorteil in den einzelnen mit Getriebe-Dampfturbopumpen dieser Art ausgestatteten Wasserwerksanlagen in Berlin[1]).

Die guten Erfahrungen, die von der Berliner Städtischen Wasserwerke A.-G. mit den im Jahre 1926 im Wasserwerk Tegel in Betrieb genommenen vier Dampfturbopumpen der AEG gemacht worden sind, gaben der Verwaltung Veranlassung, auch im Wasserwerk Lichtenberg zum Dampfturbo-Pumpenbetrieb überzugehen.

Die AEG erhielt den Auftrag auf Lieferung von vier Maschinensätzen dieser Art für eine Leistung von je 5000 m³/h bei einer Förderhöhe, die zwischen 20 und 32 m_{man} schwanken kann.

Die Maschinen zeigen die schon typisch gewordene Anordnung der neuen Getriebe-Dampfturbopumpen (s. Bild). Die Turbine ist mit der Hauptkreiselpumpe durch ein Rädervorgelege mit einer Übersetzung von etwa 1 : 8 verbunden. Vorgelege und das eine Lager der Kreiselpumpe ruhen auf einer gemeinsamen Grundplatte, während für das zweite Lager der Kreiselpumpe und das vordere Lager der Turbine besondere Grundplatten vorgesehen sind. Die Kondensatpumpe wird von der Hauptpumpenwelle aus mittels eines Schneckenvorgeleges und senkrechter Welle angetrieben. Das gesamte Wasser wird von der mit beiderseitigen Saugstutzen versehenen Hauptpumpe durch den unmittelbar unterhalb der Turbine liegenden Kondensator hindurchgesaugt. Die Anschlußflanschen am Kondensator für den Wassereintritt und -austritt sind so angeordnet, daß das Wasser möglichst gradlinig und mit dem geringsten Widerstand durch das Röhrensystem des Kondensators fließen muß.

a = Turbine,
b = Getriebe,
c = Hauptpumpe,
d = Kondensator,
e = Kondensatpumpe,
f = Hilfskondensator,
g = Ölbehälter,
h = Ölkühler,
i = Saugschieber,
k = Druckschieber.

Getriebe-Dampfturbopumpe 5000 m³/h, 32 m_{man}.

Die erste Maschine wurde Anfang März d. Js. von den Wasserwerken übernommen. Die Abnahmeversuche fanden bei den manometrischen Förderhöhen 25, 30 und 32 m statt. Bei einer Förderhöhe von 20 m wurden keine Versuche gemacht, da dieser geringe Netzdruck bei den gegenwärtigen Betriebsverhältnissen nicht vorhanden ist.

Die bei den Abnahmeversuchen erzielten Dampfverbrauchs-Ergebnisse waren folgende:

Bei einem Dampfdruck von 15 atü, einer Dampftemperatur von 350°, einer Wassertemperatur von 10° und der vertragsmäßigen Fördermenge von 5000 m³/h wurde gemessen:

	Man. Förderhöhe in m		
	25	30	32
Vertragsmäßige spez. Förderarbeit tm/kg Dampf	55,0	54,4	52,4
Erzielte spez. Förderarbeit	58,8	61,1	60,7
Erzielte Verbesserung tm/kg Dampf	3,8	6,7	8,3
Erzielte Verbesserung %	6,9	12,3	15,8

Die im gegenwärtigen Betriebe vorkommenden Fördermengen schwanken zwischen etwa 28 und 32 m, so daß im normalen Betriebe die Berliner Städtischen Wasserwerke dauernd eine spezifische Förderarbeit von etwa 60 tm je 1 kg Dampf erreichen können.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch im Wasserwerk Tiefwerder der Charlottenburger Wasser- u. Industriewerke A.-G. bei einem im Mai d. Js. abgenommenen Maschinensatz mit einer Leistung von 3000 m³/h bei 65 bis 95 m_{man}. Förderhöhe erzielt. Dies sind Ergebnisse, die dem Dampfverbrauch bester Kolbendampfpumpen entsprechen und bei früheren Getriebedampfturbopumpen noch nicht erreicht worden sind.

[1]) s. AEG-Mitteilungen 1925, Heft 4, S. 134, Heft 10, S. 319 u. Heft 11, S. 370, sowie Z.V.D.I. 1926, Heft 46, S. 1521.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Preßluft-Entöler D.R.P.

Entöler

Vorwärmer

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

ABDAMPF-ENTÖLER

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

ABDAMPF-ENTÖLER

Th. Wippern, Huss & Co.
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

ABDECKPLATTEN

Lichtschachtgitter

Fußreiniger

Schnellste Lieferung ab Lager

Tezett-Werk
Berlin-Tempelhof 111
Größtes und ältestes Spezialwerk

ABDECKUNGSROSTE

Fußreiniger

Fr. Engelmann, Jena-Au
Liste B 27 gratis

ANSTREICH-MASCHINE TVG

für Oel- und Wasserfarben

Technische Verkaufsgesellschaft
Duisburg

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

ARMATUREN

für alle Zwecke

Heinrich ter Jung, Metallwaren- und Maschinenfabrik G. m. b. H.,
Mülheim-Ruhr.

ARMATUREN

für

Hochdruck u. Heißdampf

— Parallel-Schieber —

— Geschmiedete Ventile —

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken

Kein Zoll!

ARMATUREN

Spezialität:
Armaturen und Schmierapparate sowie Zubehör
in den verschiedenst. Ausführungen und für jeden Verwendungszweck.

Otto Schaaf
Armaturen- und Metallwarenfabrik, Metallgießerei
Böhlitz-Ehrenberg

AUFZÜGE

modernster Bauart
mit Treibscheiben und Feineinstellung D.R.P. 441242
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m.b.H., Maschinenfabr.
Leipzig W 32

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

AUFZÜGE Hebezeuge,
Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL FLOHR A-G
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Original Kühnscherf-Söhne Aufzüge

Aug. Kühnscherf & Söhne
Dresden-A. 1. V.

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt

AUFZÜGE

für Personen und Lasten
Paternoster-Werke
Losenhausenwerk
Düsseldorf. Gegr. 1880

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE

Original-Dreistern
von höchst. Sicherheit u. dem neuest. Stand der Technik entsprechend.
Maschinenfabrik MÜHLEISSEN
Elberfeld-Son.

AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

jeder Art,
Verdunkelungen
für Hörsäle

Schmidt, Kranz & Co.
Nordhäuser Maschinenfabrik A.-G.
Nordhausen a. H.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Verwendung von Aluminium-Spritzguss in der Feinmechanik.

Mitteilung der AEG.

In der modernen feinmechanischen Fabrikation tritt in wachsendem Umfange an die Stelle der Paßarbeit der Zusammenbau der paßgerecht in der Massenfabrikation hergestellten Einzelteile.

Präzisionsarbeit in der Massenfabrikation liefert vor allen Dingen das Spritzgußverfahren, das infolge der Verwendung von Dauerformen weitgehend austauschbare Teile bei kürzester Umsetzung vom Rohstoff in das Fertigprodukt erzeugt. Selbst dort, wo die von feinmechanischen Fertigteilen verlangte Genauigkeit die Grenzen des Spritzgußverfahrens übersteigt (Konizität der gegossenen Löcher, Unmöglichkeit des Gießens von Unterstechungen und kleinster Bohrungen), leistet der Spritzguß und in ähnlicher Weise der Kokillenguß ganz wesentliche Dienste für die Weiterverarbeitung, da er infolge seiner Gleichmäßigkeit in den einfachsten Vorrichtungen sich genau spannen läßt und die Bearbeitungszugabe infolgedessen nur äußerst gering zu sein braucht.

Bild 1.
1 = Dämpferkammer für elektrische Meßinstrumente,
2, 3 = Teile für Telefonapparate.

Unbestreitbar bietet Aluminium — nach dem Spritzverfahren vergossen — infolge seiner Festigkeit (etwa 20 kg/mm² und mehr) und seiner unbedingten Zeitbeständigkeit dem Apparate-Konstrukteur die größten Vorteile.

Es ist nur natürlich, daß die AEG*, die als eine der ersten europäischen Firmen in ihrer Zähler- und Apparatefabrik den Spritzguß einführte, auch mit dem in den Metallwerken des Kabelwerkes Oberspree erzeugten Aluminium-Spritzguß führend ist.

Der mit den modernsten Maschinen ausgerüstete Werkzeugbau der Metallwerke ermöglicht es, die Stahlformen, von deren Genauigkeit in hohem Maße die Güte des Erzeugnisses abhängt, mit äußerster Präzision herzustellen. Ständige Kontrolle der Fabrikate durch erfahrene Metallurgen bürgt für Gleichmäßigkeit und Zweckmäßigkeit der verarbeiteten Legierungen.

Bild 2.
1 = Faßverschraubung-Gewindestück für Zapfhähne,
2, 3 = Seitenteile für Schreibmaschinenwagen,
4 = Verbindungsstück für Dreikant-Stromabnehmerbügel an Straßenbahnen,
5 = Gasdichte Haube für Gasabschlußgerät,
6 = Speichenrad mit eingegossenem Messingtrieb für Gläserspülapparat,
7 = Verschlußkappe für Motorradgetriebe.

* AEG — Metallwerke Oberspree, Berlin W 56, Taubenstr. 21.

Die in den Bildern 1 bis 4 gezeigten Stücke geben eine kleine Auslese der von der AEG zur Verwendung in der Feinmechanik hergestellten Aluminium-Spritzgußteile.

Verzahnungen, Innen- und Außengewinde können in vielen Fällen fertig gegossen werden. Teile mit Ziselierung machen infolge des klaren Hervortretens jeder Einzelheit durchaus den Eindruck eines individuell behandelten Stückes, so daß auch künstlerische Wirkungen erzielt werden können. Selbst Teile mit außerordentlich schwierigen Innenkonturen lassen sich mit Hilfe geteilter Kerne präzis und sauber herstellen.

Bild 3.
Deckel für Motorradgetriebe.

Die wirtschaftliche Mindeststückzahl für die Spritzgußfertigung ist abhängig von der Art des Gußteiles, kann aber bei ungefähr 3000 Stück angenommen werden. Günstig wird die Verwendung von Spritzgußteilen immer dann sein, wenn bei großen Stückzahlen in einer anderen Herstellungsart hohe Bearbeitungskosten für das Einzelstück in Frage kommen.

Die meist verwendeten Spritzlegierungen enthalten neben Aluminium als wesentliche Bestandteile Kupfer und Silizium und teilweise noch weitere Bestandteile wie Nickel zur Erhöhung der Zähigkeit zwecks Vermeidung von Warmrissen. Die schnelle Abkühlung des Metalles in der Gießform verursacht besonders in den Randzonen eine günstige, feinkristalline Gefügeausbildung, die sich in guten Festigkeitseigenschaften auswirkt.

Bild 4.
1, 2 = Gehäuse für Haartrockner,
3 = Handgriff für Motorrad-Magnetzündung,
4, 5 = Flügelräder für Staubsauger.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDECKPLATTEN

Lichtschachtgitter

Fußreiniger

Schnellste Lieferung ab Lager

Tezett-Werk
Berlin-Tempelhof 111
Größtes und ältestes Spezialwerk

ABDECKUNGSROSTE

Fußreiniger

Fr. Engelmann, Jena-Au
Liste B 27 gratis

ANSTREICH-MASCHINE TVG

für Oel- und Wasserfarben

Technische Verkaufsgesellschaft
Duisburg

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

ARMATUREN

KSB

Dampfventile aller Art

Höchstdruckventile bis 100 at.

Klein, Schanzlin & Becker
A.-G., Frankenthal (Pfalz)

ARMATUREN

für

Hochdruck u. Heißdampf

— Parallel-Schieber —

— Geschmiedete Ventile —

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken

Kein Zoll!

ARMATUREN

Spezialität:
Armaturen und Schmierapparate sowie Zubehör in den verschiedenst. Ausführungen und für jeden Verwendungszweck.

Otto Schaaf
Armaturen- und Metallwarenfabrik, Metallgießerei
Böhlitz-Ehrenberg

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Original Kühnscherf-Söhne Aufzüge

Aug. Kühnscherf & Söhne
Dresden-A. 1. V.

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt

AUFZÜGE

für Personen und Lasten
Paternoster-Werke
Losenhausenwerk
Düsseldorf. Gegr. 1880

AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

jeder Art, **Verdunkelungen** für Hörsäle

Schmidt, Kranz & Co.
Nordhäuser Maschinenfabrik A.-G.
Nordhausen a. H.

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge
150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art

Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE

STAHL
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

Hängebahnen, Transportanlagen liefern als Spezialität

Maschinenfabrik u. Eisengießerei Thiele & Maiwald
Glatz i. Schles.

AUFZÜGE - KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör
Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUTOMATEN SPANNZANGEN

in Präzisions-Ausführung

Walter Schaefer, Altona (Elbe)
Kleine Gärtnerstraße 85

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Schiffsantrieb durch Triebturbinen.

Mitteilung der AEG.

Schiffsantrieb erfordert verhältnismäßig niedrige Drehzahlen, wenn die Schrauben mit gutem Wirkungsgrad arbeiten sollen. Dampfturbinen dagegen sind ihrer Natur nach Schnelläufer, d. h. für je höhere Drehzahlen sie ausgeführt werden können, um so besser wird ihr Wirkungsgrad, oder um so geringer werden bei gleichem Wirkungsgrad ihre Abmessungen, ihr Gewicht und ihr Raumbedarf. Werden Schiffe durch Turbinen angetrieben, so empfiehlt es sich, sowohl der Schiffsschraube wie den Turbinen die ihnen eigenen Drehzahlen zu belassen und den Ausgleich durch ein Zahnradgetriebe herzustellen. Diese Lösung hat die AEG stets angewendet und die von ihr gebauten Schiffsturbinenanlagen zeichnen sich dank der nunmehr 25jährigen reichen Erfahrung der AEG im Dampfturbinenbau und ihrer dem Turbinengetriebebau gewidmeten Entwicklungsarbeit durch ruhigen Gang und vollkommene Betriebssicherheit auch über längste Betriebszeiten aus.

Bild 1. Blick auf den Maschinen-Bedienungsstand vor der HD-Turbine.

Die Betriebsweise und konstruktiven Einzelheiten sind natürlich bei verschiedenen Anlagen verschieden, ebenso wie die Maschinengröße, die Getriebeanordnung, die gewählten Drehzahlen usw. verschieden sein werden. Ihre Grundzüge lassen sich jedoch an Hand eines bestimmten Ausführungsbeispieles — als solches ist die Anlage zweier 9000 t-Eilfrachtdampfer der Hamburg-Amerika-Linie gewählt — deutlich schildern. Jede dieser Anlagen besteht aus einer zweigehäusigen Turbine von 5400 WPS und 3600 U/min. Die Kessel liefern Dampf von 13,5 atü, 360°. Das zweistufige AEG-Getriebe mit der bekannten doppelten Schrägverzahnung vermindert die Turbinendrehzahl auf 84 U/min, mit denen die Schraube umläuft. Beide Teilturbinen sind Gleichdruck-Scheibenturbinen, jede hat ein zweikränziges Geschwindigkeitsrad als Rückwärts-Turbine.

Besondere Sorgfalt ist darauf gelegt worden, die Steuerungseinrichtungen so einfach und übersichtlich wie möglich auszubilden. Der gesamte Frischdampf strömt von den Kesseln durch die Hauptdampfleitung zunächst zu dem Schnellschlußventil. Von dort gelangt er bei Vorwärts-(Vw-)Fahrt durch das Steuerventil für Vw-Fahrt und ein dazugehöriges Dampfsieb in den Einströmringkanal der HD-Vw-Turbine und schließlich durch die dauernd geöffnete erste Düsengruppe in die Turbine. Die drei weiteren Düsengruppen im Ringkanal werden durch Öffnen der Ventile von Hand zugeschaltet. Bei Rückwärts-(Rw-)Fahrt strömt der Dampf durch das Steuerventil für Rw-Fahrt und das dazugehörige Dampfsieb in die Rw-Turbine. Beim Umschalten von Vw- auf Rw-Fahrt oder umgekehrt muß natürlich das eine Ventil erst völlig geschlossen sein, bevor mit dem Öffnen des anderen begonnen wird.

Sind die drei ersten Düsengruppen voll geöffnet, so leistet die Turbine bei normalen Dampfverhältnissen 5400 WPS. Das vierte Düsengruppenventil wird bei Überlast geöffnet. Es läßt den Dampf gleichfalls in die erste HD-Stufe ein, in eine spätere Stufe wird somit kein Frischdampf eingeführt. Dagegen können insgesamt etwa 800 kg Dampf in der Stunde aus der ersten Stufe und aus der Überströmleitung von der HD- zur ND-Turbine entnommen werden, die gemeinsam mit dem Abdampf der Hilfsmaschinen zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers dienen. Außerdem kann im normalen Betriebe, wenn die Kühlmaschinen laufen, deren Abdampf in Mengen bis zu 3000 kg/h in die ND-Turbine eingeführt werden.

Die Dampfwege durch die beiden Turbinen sind so ausgelegt, daß im Falle einer Beschädigung der HD-Turbine der ND-Teil allein in Betrieb gehalten werden kann und umgekehrt, wobei dann der Abdampf der HD-Turbine durch das ND-Gehäuse, nach Entfernung des ND-Läufers, in den Kondensator gelangt.

Der gemeinsame Maschinen-Bedienungsstand der Turbinenanlage, von dem aus die gesamten Meßeinrichtungen, Druckmesser, Thermometer, Drehzahlanzeiger, Axialspielanzeiger usw. zu beobachten sind, befindet sich an der Steuerbord-Seite des Maschinenraumes vor der HD-Turbine (Bild 1). Gegenüber der HD-Turbine, auf der linken Seite des Bildes, sind nebeneinander die drei Hauptsteuerventile angeordnet, deren Handräder in einer Reihe liegen. Darüber ist die Tafel mit allen erforderlichen Meßeinrichtungen für die Turbinenanlage. An der Stirnseite der HD-Turbine befinden sich die drei Handräder für die Düsengruppenventile 2 bis 4, sowie der Drehzahlanzeiger, die Öl- und Dampfthermometer. Neben der Turbine, im Hintergrund des Bildes sichtbar, befindet sich eine weitere Meßtafel mit den Meßgeräten für die Kessel, so daß also von hier gleichzeitig auch die Kesselanlage beobachtet werden kann. Dieser ganze Bedienungsstand liegt in Höhe der Turbine, d. h. erhöht gegenüber der Lage der Schraubenwelle. Ein umlaufendes Podest umgibt die Turbinenanlage, so daß alle ihre Teile leicht zugänglich sind. Von diesem erhöhten Podest sind auch alle etwas unterhalb der Höhenlage der Schraubenwelle angeordneten Hilfsmaschinen- und Kondensationsanlagen gut zu übersehen.

Daß trotz der erforderlichen zahlreichen Rohrleitungen für Dampf und Öl, der Entwässerungs- und Manometerleitungen usw. die gesamte Turbinenanlage im Schiff übersichtlich und leicht zugänglich geblieben ist, zeigt Bild 2, eine Ansicht auf den Maschinenstand von achtern. Im Vordergrund befindet sich der Deckel des Getriebegehäuses mit den Ölleitungen zu den Spritzdüsen, den Thermometern und den Öldruckprüfern, dahinter am Steuerbord die HD-, am Backbord die ND-Turbine.

Bild 2. Zweigehäusige Triebturbine und Vorgelege im Schiff.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Steigerung der Elektrokarren-Leistungen durch Verwendung von Aufbauten.

Mitteilung der AEG.

Nachdem die Elektrokarren in den Betrieben der deutschen Industrie ständig zunehmende Verwendung finden, geht das Bestreben dahin, durch Aufbauten die Leistungen zu steigern oder weitere Verwendungsmöglichkeiten zu schaffen. In Fällen, wo keine Krananlagen vorhanden sind, besteht eine gewisse Schwierigkeit, das Fahrzeug mit schweren Stücken zu beladen

Bild 1. Elektrokarren EK 1502 mit elektrisch betriebenem Schwenkkran für 500 kg Tragkraft.

Es ist daher möglich, den normalen Elektrokarren mit einem Kran zu versehen, wie in Bild 1 gezeigt wird. Der Kran ist um eine Säule nach jeder Seite um 90 Grad schwenkbar und hat einen Ausleger, auf dem eine Laufkatze durch Handzug bewegt werden kann. Für die Hub- und Senkbetätigung ist ein elektrisch angetriebenes Windenaggregat eingebaut, das durch einen in jeder Kranstellung gut zugänglichen Handhebel bedient wird. Der Windenmotor erhält seinen Strom aus der Elektrokarren-Batterie. Um eine größere Standsicherheit während der Auslegung des Kranes nach den Seiten zu erzielen und eine Ausschaltung der weichen Fahrzeugfederung zu erreichen, sind rechts und links von der Kransäule leicht ineinanderschiebbare Stützen angebracht. Der Karren für eine Tragkraft von 1500 kg kann mit einem derartigen Kran für eine Nutzlast von 500 kg und der Elektrokarren mit einer Tragkraft von 2500 kg kann mit einem Kran für eine Nutzlast von 1000 kg ausgerüstet werden.

Bild 2 zeigt einen Elektrohubkarren mit tiefliegender Plattform, auf der eine stirnseitig kippbare Mulde, System „Stehauf" aufgebaut ist. Der während der Fahrt in horizontaler Lage befindliche Handhebel wird nach oben bewegt, wodurch das Kippen der Mulde erreicht wird. Nach Herunterdrücken des Handhebels geht die Mulde selbsttätig in die Ruhelage und Fahrstellung zurück. Die Mulde mit Auflagerahmen ist auf die heb- und senkbare Plattform des Hubkarrens abnehmbar aufgesetzt, so daß das Fahrzeug nach Abnehmen des Aggregates als normaler Hubkarren Verwendung finden kann.

Bild 2. Elektrohubkarren EH 1504 mit „Stehauf"-Kippmulde.

Viele größere Industrieunternehmungen haben für ihre eigene ständige Fabrikfeuerwehr Elektrokarren nutzbar gemacht. Der in Bild 3 dargestellte Aufbau ist leicht abnehmbar, so daß der Elektrokarren auch für normale Betriebszwecke Verwendung finden kann. Einige Firmen sind dazu übergegangen, den Feuerwehraufbau auf einem Anhängewagen unterzubringen und diesen mit dem betriebsmäßig verwendeten Elektrokarren im Falle der Gefahr befördern zu lassen.

Bild 3. Elektrokarren EK 1502 mit Aufbau für die Verwendung bei der Fabrikfeuerwehr.

Das Reinigen der Fabrikhöfe während des Sommers, das Sprengen zur Vermeidung der Staubbildung usw., verursacht den Werksleitern oft große Kosten, besonders, wenn es sich um sehr ausgedehnte Anlagen handelt. Auch hier kann der Elektrokarren sehr verbilligend wirken, indem er, wie Bild 4 zeigt, als Zugwagen für eine entsprechend ausgebildete Kehrmaschine benutzt wird. Das in dem Bilde gezeigte Fahrzeug trägt außerdem noch einen Sprengaufbau mit einem Fassungsvermögen von 1300 bis 1500 l. Dieser Sprengaufbau kann mit einer Drucksprengeinrichtung versehen werden, wodurch eine Sprengbreite von 12 bis 14 m erreicht wird. Auch dieser Aufbau kann leicht abgenommen und das Fahrzeug für andere Zwecke verwendet werden.

Bei Schneefall ist es zur Aufrechterhaltung des Betriebes erforderlich, auf den Fabrikhöfen schnellstens Wege frei zu machen, um mit den Transportmitteln programmäßig und sicher verkehren zu können. Für diesen Zweck kann der Elektrokarren mit einem Schneeschieber versehen werden und in kürzester Zeit die Hauptverkehrswege schneefrei machen. Vorbedingung ist jedoch, daß die Schneehöhe möglichst 10 bis 15 cm nicht überschreitet, da die Motorleistung des normalen Elektrokarrens für eine größere Arbeitsleistung nicht ausreicht bzw. die Batterie den erforderlichen Strom nur sehr kurzzeitig hergeben könnte.

Bild 4. Elektroführersitzkarren EKF 1502 mit Sprengwagenaufbau und angehängter Kehrwalze für Fabrikhofreinigung.

Bei den genannten Verwendungsfällen handelt es sich zumeist um zusätzliche Benutzungsmöglichkeiten, wodurch die an sich schon ausgezeichnete Wirtschaftlichkeit des Elektrokarrenbetriebes noch weiter erhöht wird.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Preßmessing als Werkstoff für Dampfarmaturen.

Mitteilung der AEG.

Durch Versuche, die von der AEG in ihrem Kabelwerk in Oberschöneweide in Verbindung mit der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft angestellt wurden, ist eine bisher wenig bekannte Eigenschaft des Preßmessings nachgewiesen worden, die Beständigkeit gegen Dampf. In der Armaturen- und Metallwaren-Industrie, in der Elektrotechnik und bei vielen anderen Fabrikationszweigen wird Preßmessing wegen seines geringen Preises im Vergleich zu Rotguß bereits allgemein verwendet, um so mehr, als es an Dichtigkeit, Festigkeit sowie Oberflächenbeschaffenheit dem Rotguß weit überlegen ist. Mit einer stählernen Preßform können mehrere tausend Stück Messingpreßteile in Massenfabrikation hergestellt werden.

Bild 1. Messing-Preßteile.
Armaturen für Lokomotiven und andere Dampfmaschinen.

Ungeklärt war bisher die Frage des Verhaltens von Preßmessing gegenüber Naßdampf und überhitztem Dampf; sie mußte geklärt werden, um eine Grundlage für die Verwendung von Preßmessing als Werkstoff für Armaturen an Kesseln, Lokomotiven und anderen Dampfmaschinen zu gewinnen. Die AEG hat bei ihren Versuchen festgestellt, daß Preßteile, die an eine Frischdampfleitung von 8 atü Druck angeschlossen und auch der Einwirkung von durchströmendem und aufschlagendem Dampf ausgesetzt waren, nach 1500 Betriebsstunden keinerlei Anfressungen zeigten.

Rotgußteile, die den gleichen Betriebsbedingungen ausgesetzt waren, sind dagegen vom Dampf merklich angegriffen worden.

Durch die Versuche hat sich ferner gezeigt, daß Preßmessing auch bei höheren Temperaturen gute mechanische Eigenschaften hat. So fällt z. B. die Festigkeit von Ms 58, die 40 kg/mm² bei Zimmertemperatur beträgt, bei 200° nur um 5%, bei 300° um 20%, während die eigentliche Erweichung erst zwischen 300 und 400° beginnt. Die Streckgrenze, die bei 20° etwa 45% der Zugfestigkeit beträgt, bleibt bis zu 300° annähernd konstant. Die Bruchdehnung steigt mit der Erhöhung der Temperatur bis zu 400°, ein Zeichen dafür, daß das Sprödigkeitsgebiet für Preßmessing Ms 57 oberhalb dieser Temperatur liegt.

Auf Grund der guten Versuchsergebnisse ist die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft dazu übergegangen, Preßmessingarmaturen an Stelle der teuren, in Sand gegossenen Rotgußteile in umfangreichem Maße einzuführen. Für Lokomotivarmaturen, wie Dichtungslinsen, Überwurfmuttern, Durchgangshähne, Rohrverschraubungen und dergleichen wird hauptsächlich Ms 58 benutzt; für stärker beanspruchte Teile wird Sonder-Messing mit Mn-, Fe- und Ni-Zusätzen verwendet. Die genannten Teile haben sich im Betriebe der Reichsbahn in den letzten 2 Jahren vorzüglich bewährt. Die Bilder 1 und 2 zeigen Mustertafeln von Dampfarmaturteilen.

Dem Beispiel der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sind bereits ausländische Staatsbahnen und Kleinbahnverwaltungen gefolgt, so daß auch auf diesem Gebiet der Verbrauch an Preßteilen ständig steigt. Dieser Entwicklung entsprechend hat die AEG in ihrem Kabelwerk Oberspree in Oberschöneweide eine neue Warmpresserei neu eingerichtet, in der diese Teile in vorzüglicher Güte und sauberster Ausführung in moderner Massenfabrikation hergestellt werden. Das AEG-Preßwerk ist unter normalen Verhältnissen in der Lage, einen Auftragsbestand von durchschnittlich 50 t Messing, das sind mehrere 100 000 Teile wöchentlich, zu erledigen.

Bild 2. Messing-Preßteile.
Armaturen für Lokomotiven und andere Dampfmaschinen.

Jedes Stück durchläuft vor der Lieferung die Kontrollabteilung.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

V • D • I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 72 — Berlin, 29. Dezember 1928 — Nr. 52

(Vollständiges Inhaltverzeichnis S. 1940 des Textteils.)

Bezugsbedingungen, Anzeigenpreise, Anschriften, Nachweis der angekündigten Erzeugnisse und Beilagenverzeichnis siehe Seite 50 und 51.

Die Bezugsgebühr für das 1. Vierteljahr ist am 1. Januar 1929 fällig.

A. Bezugsbedingungen

I. Für Bezieher, die nicht dem V. d. I. angehören

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verlag***) erbeten.)

Die VDI-Zeitschrift erscheint wöchentlich und wird nur vierteljährlich (Ausland ganzjährig) abgegeben. Die Bestellung läuft stillschweigend weiter, wenn nicht 4 Wochen vor Quartal- bzw. Jahresschluß eine Abbestellung erfolgt. Die VDI-Zeitschrift kann durch den Verlag, durch die Post und durch den Buchhandel bezogen werden.

Die Bezugsgebühren betragen:

Inland (einschließlich Danzig, Memel- und Saargebiet): Jährlich RM 40.—, vierteljährlich RM 10.—. Einzelheftpreis: RM 1.75, für Mitglieder RM 1.50 zuzüglich RM 0.30 Porto.

Ausland mit vollem Drucksachenporto (Vereinigte Staaten von Amerika, Australischer Bund, Bolivien, Britisch-Indien, China, Dänemark, Großbritannien, Italien, Japan, Kanada, Niederländisch-Indien, Norwegen, Peru, Polen, Schweden, Schweiz): Jährlich RM 59.— einschl. der Portokosten.

Übriges Ausland mit ermäßigtem Drucksachenporto: Jährlich RM 50.40 einschl. der Portokosten. (Zahlungen aus Österreich auf unser Postsparkassenkonto Wien 174439 erbeten.)

Auf Wunsch wird den Beziehern die zu jedem Heft in Form von Karteikarten erscheinende Literaturübersicht kostenlos geliefert.

Erfüllungsort: Berlin, Gerichtsstand: Amtsgericht Berlin-Mitte. — Notwendig werdende Nachforderungen vorbehalten.

II. Für Mitglieder des V. d. I.

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verein****) erbeten.)

Die Bezugsgebühr für die VDI-Zeitschrift ist in dem Mitgliedbeitrag eingeschlossen. Er beträgt a) Inland: RM 30.—, b) Ausland: RM 37.50 einschließlich Portoanteil.

Für diesen Beitrag werden außerdem die VDI-Nachrichten kostenlos geliefert.

Beitragszahlungen sind nur an den **Verein****) zu richten. Die Lieferung wird erst nach Entrichtung des Beitrages aufgenommen, der satzungsgemäß vor Beginn jedes neuen Vereinsjahres zu entrichten ist.

Bestellungen auf **Einzelhefte** sind an den **Verlag***) zu richten. (Einzelheft für Mitglieder RM 1.50 zuzügl. 30 Pf. Porto.)

Auf Wunsch wird den Mitgliedern die zu jedem Heft in Form von Karteikarten erscheinende Literaturübersicht kostenlos geliefert

B. Anzeigenpreise

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verlag***) erbeten.)

1/1	1/2	1/4	1/8	1/16 Seite
430.—	230.—	120.—	65.—	35.— RM

Nachlaß:	bei 6	13	26	52 Aufnahmen innerhalb Jahresfrist
	5	10	20	30 vH

Eintragungen im Bezugsquellen-Nachweis werden mit RM 0.72 für die einspaltige Millimeterhöhe berechnet.

Kleine Anzeigen werden mit RM 0.36 je mm Höhe der 27 mm breiten Spalte berechnet. Stellengesuche für Mitglieder mit RM 0.20, sofern die Bestellung an den Verlag direkt erfolgt, für Nichtmitglieder mit RM 0.30 je mm Höhe.

Annahmeschluß für allgemeine Anzeigen Mittwoch in der Woche vor Erscheinen; für kleine Anzeigen Montag früh in der Erscheinungswoche.

Der Verlag behält sich vor, die Aufnahme von Anzeigen und Beilagen ohne Angabe von Gründen abzulehnen und laufende Aufträge einzustellen. Im übrigen gelten die Bedingungen der Arbeitsgemeinschaft technisch-wissenschaftlicher Zeitschriftenverleger ATZ, der folgende Verleger angehören: VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin, Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Verlag Glückauf m. b. H., Essen, Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin.

Erfüllungsort: Berlin, Gerichtsstand: Amtsgericht Berlin-Mitte.

*) VDI-Verlag G. m. b. H.,
Berlin NW7, Dorotheenstr. 40.
Fernsprecher: Merkur 3126, 3127, 4483, 4484, 5460, 6104, 6171, 7454.
Postscheckkonto: Berlin 102 373. Drahtanschrift: Ingenieurverlag.
Bankkonto: Dresdner Bank, Dep.-Kasse F, Spittelmarkt.
Geschäftszeit: 8 bis 4¾ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

**) Verein deutscher Ingenieure
Berlin NW7, Ingenieurhaus.
Fernsprecher: Zentrum 152 00 bis 152 18, 152 24.
Postscheckkonto: Berlin 6535. Drahtanschrift: Ingenieurverein.
Bankkonto: Deutsche Bank, Dep.-Kasse A, Mauerstraße.
Geschäftszeit: 7¾ bis 4½ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

NACHWEIS

DER IM ANZEIGENTEIL ANGEKÜNDIGTEN ERZEUGNISSE

Zur besseren Übersicht und schnelleren Orientierung sind nachstehend die Erzeugnisse aufgeführt, die in den Anzeigen des vorliegenden Heftes angekündigt werden.

Die Zahlen hinter den Stichwörtern benennen die Seiten mit den betreffenden Anzeigen.

Anzeigen und Firmen wechseln zum Teil. Es empfiehlt sich deshalb, im Bedarfsfalle immer mehrere aufeinanderfolgende Hefte durchzusehen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

VDI STELLENGESUCHE VDI

DIPLOM-INGENIEUR

(Masch.-Bau) „gut bestanden", T. H. Berlin, 23 J., strebsam, etwas Konstruktionspraxis,

sucht Anfangsstellung

in Büro oder Betrieb. (c. 1148)

Angebote unter G. 2285 an den Verlag dieser Zeitschrift.

ING.

23 J. alt, Absolvent des Techn. Mittweida, tüchtig im prakt. Maschinenbau und guter Zeichner, sucht Anfangsstellung in Betrieb, wo recht viel Arbeit ist. (c. 1149)

Offert. unter F. 2284 an den Verl. d. Ztschr.

INGENIEUR

Masch. u. Auto, 22½ Jahre, Absolvent höh. techn. Lehranstalt, 2 Jahre Werkstattpraxis, Führersch. 2 und 3 b, sich. Fahrer, gewandt. Auftr., sucht bald. pass. Stellung als (c. 1146)

Betriebs-Assistent

im In- oder Ausland. Gefl. Zuschr. unter J. 2887 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Dipl.-Ing.

(Elektro- und Maschineningenieur), langj. kaufm. Erfahrungen im Ausland, Orient und Südamerika, in ungekündigter Stellung als Direktor eines elektro-techn. Büros einer Großfirma im Orient, sucht wegen Organisationsänderung gleiche oder ähnliche Stellung. 44 Jahre alt. Erste Referenzen, perfekte Sprachkenntn. in franz., engl., spanisch, türkisch, arabisch. (c. 1142)

Angebote unter U. 2253 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Glashütten-Glühlampenfabrik

Ingenieur 31 J., von der Pike auf erfahren, sucht sich in entsprechende Dauerstellung zu verändern. Zur Zeit als Betriebsingenieur im Grenzlande tätig. Offerten unter R. 2294 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 1152)

Wegen der Weihnachtsfeiertage wird der Anzeigenschluß für „Kleine-Anzeigen" für Heft 1 vom 5. 1. 29. auf den 29. 12. 28. vorm. festgesetzt. Nach diesem Termin hier einlaufende Aufträge können erst in dem nächstfolgenden Heft Berücksichtigung finden

VDI-VERLAG G.M.B.H.

VDI STELLENANGEBOTE VDI

Für den Bau von Transportanlagen

insbesondere Becherwerken, Transportschnecken und Transportbändern wird ein tüchtiger, gewissenhafter und selbständiger

Konstrukteur

als Vorstand des techn. Büros gesucht, der erfolgreiche Tätigkeit auf diesem Gebiete nachweisen kann.

Ausführl. Bewerbungen mit Angabe der Gehaltsansprüche unter F. 2218 an den Verlag dieser Zeitschr. (8466)

Ingenieur oder Techniker

bestens bewandert i. Kaminbau, Kesseleinmauerungen und womögl. Ofenbau, von Spezialfirma in der Tschechoslowakei in deutsche Stadt gesucht. Einreiseerlaubnis wird verschafft. Antritt sofort. Ausführliche Angebote mit Gehaltsansprüchen und Zeugnisabschriften erbeten unter C. 2215 an den Verlag dieser Zeitschrift. (8471)

Süddeutsche Firma sucht für ihre Materialprüfstelle

1. jüngeren Dipl.-Ingenieur
2. Metallographin

mit guter theoretischer Ausbildung und möglichst praktischen Erfahrungen. Die Stellen sind von Dauer und entwicklungsfähig. Eintritt baldigst. Angebote mit Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsanspr., Zeit des Eintritts unter H. M. 657/Z. 2234 an den Verlag d. Ztschr. (8484)

Fein-Mechanik

Tüchtiger, energischer

Betriebsleiter

wird zum baldigen Eintritt von mittelgroßer Fabrik wissenschaftlicher und technischer Apparate im östlichen Rheinland gesucht. Es werden nur solche Bewerber berücksichtigt, die bereits einen ähnlichen Posten mit Erfolg bekleidet haben, in den verschiedenen Fächern durchaus bewandert sind, auch in der Herstellung größerer Apparate, und mit den modernen Arbeitsmethoden vollkommen vertraut sind.

Herren, die sich eine Lebensstellung schaffen wollen, richten Angebote unter Angabe der Personalien, der Familienverhältnisse, der Gehaltsanspüche, des Eintrittstermines und unter Beifügung eines Lichtbildes und von Zeugnisabschriften unter S. 2252 an den Verlag dieser Zeitschrift. (8495)

Versierter Ingenieur

(evtl. Dipl.-Ing.) zur technischen und kaufmännischen Anleitung und Beaufsichtigung von Reiseingenieuren für den südwestdeutschen Bezirk zu Anfang 1929 gesucht. Der Posten verlangt neben mehrjähriger Erfahrung im praktischen Betriebe (möglichst auch Textilindustrie) und im Bau von stationären Kraftmaschinenanlagen (Dieselmaschinen, Dampfmaschinen und -Turbinen) gute kaufmännische Begabung für Innen- und Außenorganisation, sowie geschickte Verhandlungstechnik, durch die eine erfolgreiche Ausgestaltung der Ing.-Besuche gewährleistet wird. Alter nicht unter 35 Jahren. (8492)

Bewerbungen mit Lichtbild, unter Angabe der Gehaltsansprüche, sowie unter Beifügung eines kurz gefaßten Lebenslaufes erbeten unter K. 8339 an William Wilkens, Hamburg 1, Ballinhaus.

1 tüchtiger Assistent oder 2. Betriebs-Ingenieur

der firm ist in Kontrolle und Lohn-Kalkulation, zum baldigen Eintritt gesucht. (8503)

Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, sowie Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermins unter E. 2261 an den Verlag d. Ztschr. erbeten.

Diplom-Ingenieur

mit wenigstens 2 Jahren Konstruktionspraxis im Maschinenbau von erster Firma des Textilfaches zum sofortigen Eintritt gesucht. Kenntnisse im Textilfach erwünscht. Lückenlose Bewerbungen m. Angabe der Gehaltsansprüche unter L. 2267 an den Verlag dieser Zeitschrift. (8513)

GESUCHT: Aufzugs-Konstrukteur

für Personen- und Lastenaufzüge. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, sowie Angabe des Gehaltsanspruches und evtl. frühesten Eintrittstermins an Maschinenfabr. Wiesbaden, G. m. b. H., Wiesbaden. (8509)

Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Von alter bedeutender

Kessel- und Maschinenfabrik

im Westen, je ein erstklassiger selbständiger (8519)

Konstrukteur

für Hochleistungs-Wanderroste und für Braunkohlen-Feuerungen gesucht.

Nur Bewerber mit nachweislich langjährigen vorzüglichen Konstruktions- und Betriebserfahrungen mit guter Schulbildung wollen sich melden. Es handelt sich um Dauerstellung, die gut bezahlt wird.

Offerten sind zu richten unter U. 2275 an den Verlag d. Ztschr.

Wir suchen für unsere Akquisitions- und Projekten-Abteilung für

Turbokompressoren und Turbogebläse

einen selbständigen

INGENIEUR

mit englischen Sprachkenntnissen, der im übrigen über reiche Erfahrungen in diesem Spezialgebiete verfügt.

Ausführliche Bewerbungen mit Angabe über bisherige Tätigkeit, Gehaltsforderungen und frühesten Eintrittstermin sind erbeten an das „Personalbureau" der A.-G. Brown, Boveri & Cie, Baden (Schweiz). (8493)

Zum baldigen Antritt suchen wir einen

tüchtigen INGENIEUR

im Alter bis zu 30 Jahren mit abgeschlossener technischer Ausbildung.

Bedingung sind gute Erfahrungen im allgemeinen Maschinenbau. Bewerber, die auch über Gießereikenntnisse verfügen, werden bevorzugt. (8520)

Handschriftliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Referenzen erbeten unter V. 2276 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Berliner Großunternehmen sucht

Ersten Betriebs-Ingenieur

der langjährige Erfahrungen in rationellster Massenfertigung (Fließfabrikation), feinmechanischer Apparate nachweisen kann und imstande ist, betriebstechnische Spezialaufgaben zu lösen, wie (8512)

Verbilligung der Fabrikate,
Verbesserung der Werkzeuge, Maschinen, Einrichtungen und der gesamten Fabrikationsmethoden.

Allererste Kräfte werden um Einreichung ausführlicher Angebote mit Gehaltsansprüchen gebeten unter Z. 2256 an den Verlag dieser Zeitschrift.

INGENIEUR

mit reichen Erfahrungen in der Projektierung und Ausführung vollständiger

Rohrleitungs- und Abdampfverwertungsanlagen

zu baldigem Eintritt gesucht.

Ausführliche Bewerbungen mit Lichtbild, Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines sowie unter Beifügung von Zeugnisabschriften erbeten unter R. 2250 an den Verlag dieser Zeitschrift. (8491)

Großes konzernfreies Stahl- und Edelstahlwerk sucht zum baldigen Eintritt für seine bedeutende

Gesenkschmiede

erstklassigen

BETRIEBSLEITER

Verlangt wird langjährige, praktische Erfahrung, gute Materialkenntnis und unbedingte Bewanderung in Hammerarbeit für kleine bis schwerste Hämmer. Es kommen nur Bewerber in Frage, welche bereits erstklassigen Betrieben vorgestanden haben und gediegene Kenntnisse auf dem Gebiete der modernen Betriebsorganisation und in der Stückpreisermittlung besitzen.

Ausführl. Bewerbungsschreiben mit lückenlosem Lebenslauf, Gehaltsansprüchen, Referenzen, Lichtbild und Angabe des frühesten Eintritt-Termins erbeten unter „Df. 1479" an Ala, Haasenstein & Vogler, Düsseldorf, Hansahaus. (8521)

Wir suchen zu möglichst baldigem Eintritt für aussichtsreiche Dauerstellung in einem unserer Kalkulationsbüros einen

Techniker

Gelernter Mechaniker mit mehrjähriger Praxis als Vorkalkulator für elektrotechnische Apparate erhält den Vorzug.

Angebote mit selbstgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften u. Gehaltsansprüchen bitten wir unter Angabe des frühesten Eintrittstermines zu richten unter Kennwort „Kalap" an die (8531)

SIEMENS

Angestellten-Vermittlungsstelle
Berlin-Siemensstadt / Hauptverwaltungsgebäude

Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Die Inhaberin der deutschen Patente

280 026 „Fleischklemme für Aufschnittschneidemaschinen“
281 854 „Vorrichtung zur Regelung des Vorschubs bei Aufschnittschneidemaschinen mit Hilfe eines die Zähne des Vorschubrades in der Bahn der Schaltklinke mehr oder weniger überdeckenden Quadranten“
290 156 „Vorrichtung an Aufschnittschneidemaschinen zum Drehen der selbsttätig durch ein Schaltwerk absatzweise gedrehten Vorschubspindel für die Fleischtragplatte von Hand mittels Kurbel“
302 083 „Schleifvorrichtung für Kreismesser“
307 948 „Fleischklemme für Aufschnittschneidemaschinen“
322 374 „Schlitten für Aufschnittschneidemaschinen mit ausschaltbarer Vorschubmutter“
339 780 „Fleischschneidemaschine mit in vertikaler Ebene laufender kreisförmiger Messerscheibe und hin und her verschiebbarem Schlitten“
348 495 „Dämpfvorrichtung an Schnellwaagen“
359 759 „Maschine zum Scheibenschneiden von Eßwaren mit einem für das Material vorgesehenen Schalttisch“
363 388 „Oberschalige Tafelwaage“
365 656 „Maschine zum Aufschichten von Fleischschnitten u. dgl. mit einer Fördereinrichtung und einem damit zusammen wirkenden Abnehmer“
380 154 „Laufgewichtswaage, bei der das Gewicht des zu wiegenden Gegenstandes über den Waagebalken auf eine Anzeigevorrichtung übertragen wird, die beim Verstellen des Laufgewichts gesperrt wird“
387 737 „Aufschnittmaschine“
394 331 „Neigungswaage mit oberhalb der Anzeigevorrichtung angeordneter Waageschale“
401 768 „Aufschnittschneidemaschine mit umlaufendem Kreismesser“
407 600 „Endlose Fördervorrichtung für Aufschnittschneidemaschinen“
411 567 „Fleischschneidemaschine mit wagerecht bewegbarem Fleischauffangtisch“
413 277 „Aufschnittmaschine“
419 038 „Aufschnittmaschine“
419 888 „Befestigungsvorrichtung für die Hinterplatte einer Fleischschneidemaschine“
421 713 „Vorschubvorrichtung für Maschinen zum Schneiden von Fleisch und anderen Waren“
421 760 „Lösbare federnde Führung für den Vorschubtisch von Fleischschneidemaschinen“
431 011 „Aufschnittschneidemaschine“
434 770 „Aufschnittschneidemaschine mit einem Fleisch- und Auffangtisch“
434 502 „Vorrichtung zum Feststellen des Klemmbalkens bei Fleischklemmen o. dgl.“
435 705 „Laufgewichtswaage“
436 422 „Vorrichtung zum Entkuppeln des hin und her gehenden Schlittens vom Getriebe bei Aufschnittschneidemaschinen“
441 427 „Dämpfungsvorrichtung für Waagen“

ist bereit, diese zu verkaufen oder darauf Lizenzen zu erteilen.

Etwaige Anfragen unter B. 2258 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (8497)

Schwungradgener.

Einzyl. - Heißdampf-Gegendruckmasch., erst. Fab., 500/600 PS, 12 bis 14 Atm., gekupp. m. SSW - Drehstr. - Gener., 220/380, od. 3000—6000 V., mod. Bauart, f. neuwertg., günst. verkäufl.

Anfr. u. E. 1733 an den Verl. dies. Ztschr.

Turbogenerator

Zwischendpf., Drehstr., 850kVA220/380,500,od.3000 bis 6000 V., 3 Jahre Betriebsd., f. neuwertg., sof. z. verkf. Anfr. u. H. 1692 a. d. Verlag d. Zeitschrift. (8532)

Verkaufe

6 Stck. **Wellrohrkessel** je 128 qm, 12 At., 2 Stck. **Lokomobilkessel**, 155 u. 145 qm, 12 At., sämtl. in fast neuwertigem Zustande.

Anfragen unter P. 1182 an den Verlag dieser Zeitschr. erb. (8532)

Die deutschen Patente

Nr. 407 452, Brennkraftmaschine mit Drucklufteinlaßventil, und **424 045**, Brennkraftmaschine mit luftloser Einspritzung, sind(3865)

zu verkaufen od. in Lizenz zu vergeben.

Angeb. unt. B. N. G. 7801 an Ala-Haasenstein & Vogler, Berlin W 35.

Heißdampfmasch.

m. od. oh. Dynamo, 200/220, 170/190 und 150/180 PS, Gegendr. od. Kondens., mod., vorz. erh., z. verkf. Anfr. u. E. 1183 a. d. Verlag d. Ztschr. (8532)

An- und Verkaufs-Anzeigen haben besten Erfolg in der VDI-Zeitschrift.

Rangier-Lokomotive

Normalspur,150PS, 2 achs. 1913 v. Hartmann geb., tadell. betriebsfähig, reine Papiere ab Anhalt abzugeben.

Kauf od. Miete

Bräunig&Stahlberg Berlin W 57 (8155)

ZU VERKAUFEN:

1 liegende Verbundmaschine

300/330 PS, Überhitzung 300° C, 12 Atü, mit Niederspritzkondensator n = 145, Schwungrad 3500 Durchm. mit 7 Rillen für Quadratseile, 10 Jahre einschichtig in Betrieb, gründlich überholt, Fabrikat Hartmann, Chemnitz.

1 Generator-Sachsenwerk

6polig und Wendepole Nebenschluß 100 kW dauernd 115/160 Volt, 870/625 Amp. n = 550, Riemenscheibe 800/450, Original Kupferwicklung, 18 Jahre alt, gut erhalten, mit Nebenschlußregler, Volt- und Amperemeter, einpolig. Hebelschalter und autom. Überstromschalter.

1 Umformer-SSW

380 Volt Drehstrom, 110 Volt Gleichstrom, 252/230 kW, n = 730, gekuppelt, je 2 Lager, Motor Aluminium, Generator Kupfer, Baujahr 1920, gut erhalten, mit Flüssigkeitsanlasser mit Kettenantrieb, Schaltsäule, dreipoligem Schalter, Signallampen und Amperemeter, Nebenschlußregler, Volt- und Amperemeter, einpolig. Hebelschalter, automat. Überstromschalter sowie Phasenschieber.

Alle Teile, gut gepflegt und erhalten, können in Betrieb (Schnellzugstation Leipzig-Dresden) vorgeführt werden.

Angebote unter H. O. 8531 durch Rudolf Mosse, Hamburg 1. (8473)

VERSCHIEDENES

WELCHE FIRMA LIEFERT

zeitgemäße, kontinuierlich arbeitende Trocknungsanlagen für Viskosestoff?

Offerten unter J. 2265 an den Verlag dieser Zeitschrift. (8511)

Tätige Beteiligung

mit 30 000 RM evtl. mehr (Sicherstellung der Einlage) an nachweislich erfolg- und aussichtsreichem fabrikatorischen Betrieb sucht kaufm. (8498)

gebildeter Auslandsdeutscher

mit großem technischen Verständnis (engl., span., franz., holländ.). Beste Referenzen geboten und erwünscht.

Off. an Ann.-Exped. Siegfried Blogg, Hamburg, Neuer Jungfernstieg 25.

Die Stadtgemeinde Bremerhaven hat in der Zwangsversteigerung das im Erbbaurecht stehende

Grundstück des Eisenwerks Bremerhaven A.-G.

mit allen darauf befindlichen Gebäuden und maschinellen Einrichtungen in betriebsfertigem Zustand erworben. Sie stellt dieses Grundstück im ganzen oder geteilt, evtl. die maschinellen Einrichtungen allein, zum Verkauf. Das Grundstück ist rd. 5700 qm groß, davon sind 3700 qm Grund bebaut. Der Erbbauvertrag läuft bis zum 31. Dezember 1946. Grundstückseigentümer ist der Bremische Staat. Die Kaufpreisforderung für das Erbbaurecht mit Bauten und maschinellen Einrichtungen beträgt 130 000 RM. Der Kaufpreis kann bei genügender Sicherheit zu einem zu vereinbarenden Teilbetrag unter günstigen Bedingungen auf Jahresteilzahlungen gestundet werden. Das Grundstück und die Baulichkeiten eignen sich wegen ihrer vorzüglichen Lage auch für andere Handels- und Industriebetriebe. Das bestehende Eisenwerk hat insbesondere den Kranbau und Brückenbau betrieben. Das Grundstück hat Bahnanschluß und liegt im Mittelpunkt der Stadt und der Hafenanlagen Bremerhavens in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Fischereihafen Bremerhavens. Interessenten wird über das Grundstück und über die vorhandenen Einrichtungen vom Magistrat auf Wunsch gern jede weitere Auskunft erteilt. Angebote auf den Erwerb des Grundstückes im ganzen oder geteilt werden bis zum 10. Januar 1929 an den Magistrat Bremerhaven erbeten. (8523)

Bremerhaven, den 10. Dezember 1928.

Der Magistrat.

Bekanntes Unternehmen (Werkzeug-Maschinen) sucht mögl. für ganz Europa den (c. 1147)

Allein-Verkauf

nur erstkl. Spezialität. Durch unser Fabrikat — eigene Patente — sind wir bei d. Industrie u. d. Behörden vorzüglich eingeführt. Unsere Verkaufsorganisation erstreckt sich auf alle Länder u. gewährleistet vollen Erfolg.

Angebote erb. unter H. 2286 an den Verlag d. Ztschr.

PATENTANWALT
Dipl. Ing. **A. Kuhn**
Berlin SW 61
Gitschiner Straße 106a

Patentanwalt
Dr. O. Arendt
Berlin W 15
Kurfürstendamm 176

V D I - Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 40.
Druckpapier von Ernst A. Geese, Berlin SW 68. Druck von H. S. Hermann & Co., G. m. b. H., Berlin SW 19.